



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

TOTORA: PANELES PREFABRICADOS PARA CUBIERTAS MEDIANTE EL USO DE RESINA DE POLIÉSTER

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ARQUITECTO

AUTOR: ADRIAN PATRICIO HUGO MERCHÁN

DIRECTOR: MSC. ARQ. JOSÉ FRANCISCO PESÁNTEZ PESÁNTEZ

CUENCA – ECUADOR

2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

TOTORA: PANELES PREFABRICADOS PARA CUBIERTAS MEDIANTE EL USO DE
RESINA DE POLIÉSTER

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
ARQUITECTO

AUTOR: ADRIAN PATRICIO HUGO MERCHÁN

DIRECTOR: MSC. ARQ. JOSÉ FRANCISCO PESÁNTEZ PESÁNTEZ

CUENCA - ECUADOR

2018

I. Declaración

Yo, Adrián Patricio Hugo Merchán, declaro ser el autor exclusivo del presente proyecto.

Todos los efectos académicos y legales que se desprendieren de la misma son de mi responsabilidad y los resultados obtenidos son auténticos y originales. Las referencias bibliográficas provenientes de otras fuentes están debidamente citadas y referenciadas.

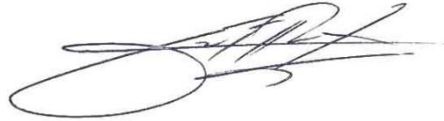
Como autor, asumo la responsabilidad académica y legal de los contenidos del presente trabajo de titulación.



Adrián Patricio Hugo Merchán.

II. Certificación

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Adrián Patricio Hugo Merchán, bajo mi supervisión.



MSC. ARQ. José Francisco Pesántez.

III. Dedicatoria

Dedico este trabajo de manera especial a mis padres, que me han brindado su apoyo, constante e incondicional, a lo largo de toda mi vida, además de ser los cimientos para la construcción de mi vida personal y profesional.

Ambos han puesto en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación con los cuales he logrado finalizar varias metas.

IV. Agradecimientos

Dedico este trabajo de manera especial a mis padres, que me han brindado su apoyo constante e incondicional a lo largo de toda mi vida, además de ser los cimientos para el desarrollo de mi vida profesional, también agradezco a mi director Msc. Arq. José Pesántez, quien tutelo con nivel profesional el proceso de elaboración de este documento.

V. Resumen

En la presente investigación, se ha realizado un análisis de los principales materiales de cubiertas y sus procesos de fabricación más representativos. En función del análisis se ha elaborado una propuesta de panel para cubiertas constituido por resina de poliéster isoftálica con neopentiglicol y tallos de *schoenoplectus californicus*, conocido como material compuesto. Para esto se ha seguido un proceso metodológico donde se ha establecido previamente: la matriz (resina de poliéster isoftálica con NPG), la disposición de las fibras (posición perpendicular a la longitud del panel), el dimensionamiento y anclaje (panel de 1 cm de espesor adaptado a perfiles H de policarbonato), la relación de cantidades de materiales (85% de resina y 15% de fibra) y el color (determinado por los tiempos de secado).

Se ha continuado con la parte experimental, fabricando moldes para la elaboración de muestras de 10cm x 10cm x 1cm que servirán para establecer diversos criterios en la conformación del panel a escala real. Una vez fijados los procesos para la elaboración de muestras, se conformó un panel con dimensiones de 90cm x 60cm x 1cm.

Finalmente se realizan probetas elaboradas con las mismas especificaciones que se establecieron en el proceso de diseño para que se apliquen en ellas cuatro pruebas físicas y mecánicas, siendo estas pruebas: flexión (ASTM D790), compresión (ASTM D695), absorción de agua (ASTM D570) y densidad (ASTM D792), con el propósito de sustentar su utilización como un material de cubierta traslúcido, presentando una alternativa constructiva el contexto arquitectónico.

PALABRAS CLAVE: MATERIALES DE CUBIERTAS, MATERIAL COMPUESTO, RESINA DE POLIÉSTER, SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS.

VI. Abstract.

In the present investigation, an analysis of the main roofing materials and their most representative manufacturing processes has been carried out. Based on the analysis, a proposal for a panel for roofs consisting of isophthalic polyester resin with neopentiglicol and stems of *schoenoplectus californicus*, known as a composite material, has been developed. For this a methodological process has been followed where it has previously been established: the matrix (isophthalic polyester resin with NPG), the arrangement of the fibers (perpendicular to the length of the panel), the dimensioning and anchoring (1 cm thick panel adapted to polycarbonate H profiles), the ratio of material quantities (85% resin and 15% fiber) and color (determined by drying times).

The experimental part has continued, making molds for the elaboration of samples of 10cm x 10cm x 1cm that will serve to establish different criteria in the conformation of the panel in real scale. Once the processes for the elaboration of samples were fixed, a panel with dimensions of 90cm x 60cm x 1cm was formed.

Finally, test specimens made with the same specifications that were established in the design process are applied to apply four physical and mechanical tests, these tests being: bending (ASTM D790), compression (ASTM D695), water absorption (ASTM D570), and density (ASTM D792), with the purpose of supporting its use as a translucent roofing material, presenting a constructive alternative to the architectural context.

KEY WORDS: ROOFING MATERIALS, COMPOSITE MATERIAL, POLYESTER RESIN, SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS.

VII. Introducción

La presente investigación se enmarca en el desarrollo de paneles para cubiertas con la fibra de totora, mediante la conformación de un material compuesto, dicho material puede ser conformado por dos o más elementos, con el fin de obtener un resultado final con características que cada componente por sí solo no puede lograr. Se busca explorar alternativas constructivas mediante el uso de elementos tradicionales en el contexto andino, en la actualidad la totora es un recurso que ha sido utilizado en Ecuador como materia prima para la fabricación de artesanías y últimamente en la fabricación de mobiliario.

El interés de la presente investigación es seguir campos de conocimiento en el desarrollo de fibras naturales mediante la conformación de un material compuesto para su aplicación en la construcción, presentando una solución alternativa con materiales existentes en el contexto andino y buscando el desarrollo de materiales naturales para la arquitectura.

El hecho de proponer un nuevo material de construcción con fibra de totora, implica procesar la materia prima hasta obtener un elemento con características que cumplan las principales condiciones según su aplicación, siendo este caso las cubiertas, es decir un material impermeable y resistente al medio donde será aplicado, es por esto que se ha realizado un proceso de diseño metodológico, donde se inicia con la investigación de las técnicas aplicadas en cubiertas con totora y mediante la experimentación y aplicación de un segundo material (resina de poliéster) para alcanzar los objetivos planteados.

VIII. Problemática

El problema radica en la ausencia del uso de totora como material de construcción en cubiertas, la zona del austro ecuatoriano carece de innovación tecnológica en la aplicación de esta fibra para dicho propósito. La presente investigación abordará el tema del desarrollo de una alternativa constructiva, mediante la creación de paneles para cubiertas que tendrán aplicación en viviendas del área de la cordillera de los andes. De esta manera se plantea una propuesta que permitirá dar respuesta a la problemática existente con un elemento natural presente en el contexto.

IX. Objetivos

General

Desarrollar un panel para cubiertas mediante el uso de fibras de totora y resina de poliéster.

Específicos

- Establecer criterios de diseño mediante la investigación en documentación existente acerca de los principales tipos de materiales de cubierta, sus configuraciones y los avances realizados hasta la actualidad en la construcción con la totora.
- Diseño de propuestas con resina de poliéster y tallos de totora agrupados, seccionados y colocados en posición perpendicular a la longitud del panel.
- Tratamiento de materia prima y fabricación de muestras.
- Aplicar pruebas mecánicas en las propuestas: flexión, densidad, absorción del agua, impermeabilidad, basadas en la norma INEN-1320 en función de la configuración del nuevo material propuesto.

X. Justificación

El presente trabajo será de utilidad en el campo de la construcción, siendo el objetivo, desarrollar paneles de totora para su aplicación en cubiertas, buscando el desarrollo de soluciones arquitectónicas alternativas. La factibilidad del desarrollo de la totora como un material de construcción en la provincia del Azuay se evidencia debido a que su extracción, presenta afecciones mínimas en el medio ambiente, ya que es una planta que crece en el área de los andes, se cosecha hasta dos veces al año y es de rápida propagación. En Ecuador es un recurso que existe en grandes cantidades, principalmente en las provincias de Imbabura, Cotopaxi y Chimborazo, crece de manera natural y se cultiva en parcelas.

XI. Metodología

Revisión bibliográfica

Se requiere conocer el nivel de desarrollo que se ha alcanzado hasta la actualidad con el uso de la totora en las cubiertas, por lo que será necesaria la recopilación de bibliografía con esta información, con el fin de obtener los criterios necesarios para el diseño de los paneles.

Proceso de diseño

Con los criterios establecidos en la revisión bibliográfica se da paso a la caracterización de un material compuesto, el cual consiste en la combinación de dos elementos principales (resina de poliéster y totora), con los cuales se realiza un proceso de experimentación y observación, que servirán para establecer procesos en la fabricación de las muestras.

Tratamiento del material y fabricación de las muestras

Para el diseño de las propuestas, será necesaria la extracción de la materia prima, que se someterá a un proceso de almacenamiento y secado, ya que la totora es una planta que habita en un entorno acuático, por lo tanto se debe deshidratar (entre 1.5 y 2.5 meses) antes de su utilización.

Posteriormente se procede a la fabricación de las muestras mediante moldes de madera de con dimensiones internas de 10cm x 10cm x 1cm. Dichas muestras tendrán las características establecidas en el proceso de diseño.

Pruebas físicas y mecánicas

Para someter a pruebas mecánicas como la flexión y físicas como la densidad, absorción del agua o impermeabilidad, será necesario el uso de laboratorios y la fabricación de probetas. Dichas probetas tendrán las características y dimensiones establecidas por normas ASTM ya que los materiales compuestos no disponen una normativa que regule su aplicación en la construcción de cubiertas; siendo estas:

- ASTM D790: ensayo a flexión estándar para plásticos reforzados, no reforzados y materiales aislantes eléctricos.
- ASTM D695: resistencia a la compresión en materiales plásticos.
- ASTM D570: porcentaje de absorción de agua en un material polimérico.
- ASTM D792: método para calcular la densidad y densidad relativa de un material polimérico.

Equipo utilizado en los ensayos:

- ELE INTERNATIONAL SOILTEST VERSA LOADER: Esfuerzos de compresión y flexión
- OHAUS TRAVELER TA302: Ensayo de absorción de agua.
- PCE AB 200C: Ensayo de densidad.

XII. Índice de contenidos

1	MARCO TEÓRICO.....	1
1.1	CUBIERTAS	1
1.1.1	INTRODUCCIÓN A LAS CUBIERTAS	1
1.1.2	CLASIFICACIÓN DE LAS CUBIERTAS.	2
1.2	MATERIALES DE CUBIERTAS: NATURALES E INDUSTRIALIZADOS	3
1.2.1	MATERIALES DE CUBIERTA NATURALES	3
1.2.1.1	PAJA.....	3
1.2.1.2	HOJAS DE PALMERA.....	4
1.2.1.3	TEJUELAS DE MADERA	4
1.2.1.4	CUBIERTAS DE TOTORA	5
1.2.1.5	COMPORTAMIENTO DE LA TOTORA FRENTE AL CLIMA	5
1.2.2	MATERIALES DE CUBIERTA INDUSTRIALIZADOS	6
1.2.2.1	TEJA DE ARCILLA.....	6
1.2.2.2	PIZARRA	7
1.2.2.3	PLANCHAS Y TEJAS DE FIBROCEMENTO	7
1.2.2.4	ALUMINIO	8
1.2.2.5	VIDRIO	9
1.2.2.6	TEJA ASFÁLTICA	10
1.2.2.7	TEJA DE MICRO CONCRETO	11
1.2.2.8	PLANCHAS DE POLICARBONATO	11
1.2.2.9	COBRE.....	12
1.2.3	RESUMEN DE PROCESOS DE FABRICACIÓN DE MATERIALES DE CUBIERTA	12
1.3	LA TOTORA	13
1.3.1	DESCRIPCIÓN.....	13
1.3.2	DESARROLLO Y USO EN AMÉRICA	14
1.3.3	DESARROLLO Y PRODUCCIÓN EN ECUADOR.....	14
1.4	POLÍMEROS.....	15
1.4.1	POLÍMEROS SEGÚN SU COMPORTAMIENTO TÉRMICO QUÍMICO	15
1.4.1.1	TERMOPLÁSTICOS.....	15
1.4.1.2	TERMOESTABLES	16
1.5	RESINA DE POLIÉSTER	16
1.5.1	TIPOS DE RESINAS DE POLIÉSTER.....	16
1.5.2	CURADO.....	16
2	DISEÑO METODOLÓGICO.....	17
2.1	DETERMINACIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO	17
2.2	CONFORMACIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO	18
2.3	DISPOSICIÓN DE LAS FIBRAS	19
2.4	DIMENSIONAMIENTO Y ANCLAJE.....	19
2.5	RELACIÓN ENTRE CANTIDAD DE FIBRA Y RESINA.....	21
2.6	COLOR.....	21
3	TRATAMIENTO DEL MATERIAL	22
3.1	SECADO	22
3.2	COMPACTADO.....	22
3.3	CORTE.....	22
4	FABRICACIÓN DE LAS MUESTRAS	23
4.1	ENCOFRADO Y VERTIDO DE RESINA	23
4.2	DEENCOFRADO Y PULIDO	24
5	FABRICACIÓN DE PANEL DE 90 X 60 X 1 CM	25
6	MARCO LEGAL Y NORMATIVO.....	26
6.1	ENSAYOS FÍSICOS Y MECÁNICOS.....	27

6.2	ENSAYO DE FLEXIÓN	27
6.3	ENSAYO DE COMPRESIÓN.....	28
6.4	ABSORCIÓN DE AGUA.....	29
6.5	DENSIDAD.....	30
7	RESULTADOS	31
7.1	ESFUERZO A FLEXIÓN.....	31
7.2	ESFUERZO A COMPRESIÓN	31
7.3	ABSORCIÓN DE AGUA.....	32
7.4	DENSIDAD.....	32
7.5	COMPARACIÓN DE PROPIEDADES DEL MATERIAL COMPUESTO FRENTE AL POLICARBONATO	33
8	CONCLUSIONES	34
9	RECOMENDACIONES	35
10	REFERENCIAS	36
11	ANEXOS	38

XIII. Índice de figuras.

FIGURA 1 RECREACIÓN DE CASAS NEOLÍTICAS EN EL CENTRO DE VISITANTES DE STONEHENGE, INGLATERRA. FUENTE: (DANDER, 2012).....	1
FIGURA 2. CUBIERTA ELABORADA CON HOJAS DE PAJA. FUENTE: (DILEY, 2015)	3
FIGURA 3. CUBIERTA ELABORADA CON HOJAS DE PALMERA. FUENTE: (BRAÑAS, 2015)	4
FIGURA 4. CUBIERTA ELABORADA CON TEJUELAS DE MADERA. FUENTE: (BONURA , Y OTROS, 2011)	4
FIGURA 5. CUBIERTAS ELABORADAS CON TOTORA EN LAS ISLAS FLOTANTES DE LOS UROS. FUENTE: (HIDALGO, 2007)	5
FIGURA 6. SECCIÓN DE CUBIERTA DE TOTORA Y SU COMPORTAMIENTO FRENTE AL AGUA. FUENTE: (HIDALGO, 2007)	5
FIGURA 7. CUBIERTA ELABORADA CON TEJA DE ARCILLA. FUENTE: (GDR, 2017)	6
FIGURA 8. CUBIERTA ELABORADA CON PIEDRA PIZARRA. FUENTE: (MG, 2015)	7
FIGURA 9. CUBIERTA ELABORADA CON PLANCHAS DE FIBROCEMENTO. FUENTE: (LÓPEZ, 2014)	7
FIGURA 10. CUBIERTA ELABORADA CON CHAPAS DE ALUMINIO. FUENTE: (AYUSO, 2016)	8
FIGURA 11. CUBIERTA ELABORADA CON VIDRIO. (LAMILUX, 2017)	9
FIGURA 12. CUBIERTA ELABORADA CON TEJA ASFÁLTICA. FUENTE: (BONURA , Y OTROS, 2011)	10
FIGURA 13. CUBIERTA ELABORADA CON TEJAS DE MICRO CONCRETO. FUENTE: (BLANCO MONTERO & MORALES PEREIRA, 2016)	11
FIGURA 14. CUBIERTA ELABORADA CON PLANCHAS DE POLICARBONATO. FUENTE: (FEMOGLAS, 2018) ...	11
FIGURA 15. CUBIERTA ELABORADA CON CHAPAS DE COBRE. FUENTE: (CEDIC, 2006).....	12
FIGURA 16. SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS EN LA LAGUNA DE BUSA, AZUAY. FUENTE: PROPIA.....	13
FIGURA 17. MAPA DE ECUADOR DONDE LA TOTORA SE DESARROLLA NATURALMENTE Y ES CULTIVADA. FUENTE: PROPIA	15
FIGURA 18. DIAGRAMA DE PROCEDIMIENTOS PARA EL DISEÑO Y OBTENCIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO. FUENTE: PROPIA	17
FIGURA 19. DISPOSICIÓN DE MATERIALES EN EL MATERIAL COMPUESTO. FUENTE: PROPIA	18
FIGURA 20. TALLOS DE TOTORA EN TEJIDO TAFETÁN, EN PARALELO Y EN AGRUPACIÓN DE CORTE TRANSVERSAL. FUENTE: PROPIA.....	19
FIGURA 21: MUESTRA SECCIONADA, CON DIMENSIONES Y SU COMPOSICIÓN. FUENTE: PROPIA	19
FIGURA 22. ISOMETRÍA DE PANELES APLICADOS EN UNA PÉRGOLA. FUENTE: PROPIA	20
FIGURA 23. SECCIÓN CONSTRUCTIVA 01. FUENTE: PROPIA.....	20
FIGURA 24. SECCIÓN CONSTRUCTIVA 02. FUENTE: PROPIA.....	20
FIGURA 25. VISTA DE SECCIÓN DE PÉRGOLA. FUENTE: PROPIA	20
FIGURA 26. TALLOS DE TOTORA COMPACTADOS CON AMARRES PLÁSTICOS. FUENTE: PROPIA.....	22
FIGURA 27. INGLETEADORA DE MANO Y PROCESO DE CORTE. FUENTE: PROPIA.....	23
FIGURA 28. PROCESO DE ENCOFRADO DE TALLOS DE TOTORA. FUENTE: PROPIA.....	23
FIGURA 29. VERTIDO DE RESINA Y CURADO DENTRO DEL MOLDE COMPLETAMENTE CERRADO. FUENTE: PROPIA	24
FIGURA 30. LIJADORA DE MANO Y MUESTRAS DESPUÉS DEL DEENCOFRADO, LIJADO Y PULIDO. FUENTE: PROPIA	24
FIGURA 31. PROCESO DE FABRICACIÓN DE UN PANEL DE 90CM X 60CM X 1 CM. FUENTE: PROPIA.....	25

FIGURA 32. BURBUJAS DE AIRE FORMADAS EN LA FABRICACIÓN DEL PANEL DE 90CM X 60CM X 1CM. FUENTE: PROPIA	25
FIGURA 33. PANEL DE MATERIAL COMPUESTO DE 90CM X 60CM X 1CM. FUENTE: PROPIA	26
FIGURA 34. RENDER DE PANELES DE MATERIAL COMPUESTO APLICADOS EN UNA PÉRGOLA	26
FIGURA 35. ESQUEMA DE ENSAYO DE FLEXIÓN ASTM D790. FUENTE: PROPIA.....	27
FIGURA 36. ENSAYO DE FLEXIÓN SEGÚN ASTM D790. FUENTE: PROPIA	28
FIGURA 37. ESQUEMA DE ENSAYO DE COMPRESIÓN ASTM D695. FUENTE: PROPIA	29
FIGURA 38. ENSAYO DE COMPRESIÓN SEGÚN ASTM D695. FUENTE: PROPIA.....	29
FIGURA 39. ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA SEGÚN ASTM D570. FUENTE: PROPIA.....	30
FIGURA 40. ENSAYO DE DENSIDAD SEGÚN ASTM D792. FUENTE: PROPIA.....	31

XIV. Índice de tablas.

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LAS CUBIERTAS. FUENTE: (GARCÍA & GARCÍA, 2001). ELABORACIÓN: PROPIA	2
TABLA 2. PRINCIPALES PROCESOS DE FABRICACIÓN DE MATERIALES DE CUBIERTAS. ELABORACIÓN: PROPIA	13
TABLA 3. SITIOS Y ÁREAS ESTIMADAS DE TOTORA EN ECUADOR. FUENTE (MACÍA & BALSLEV, 2000). ELABORACIÓN: PROPIA.....	14
TABLA 4. TIPOS DE RESINAS DE POLIÉSTER. FUENTE (GIL, 2012). ELABORACIÓN: PROPIA.	16
TABLA 5. RELACIÓN PESO Y COSTO PARA MUESTRA DE RESINA DE POLIÉSTER DE 10CM X 10CM X 1CM. FUENTE: PROPIA	21
TABLA 6. RELACIÓN PESO Y COSTO PARA MUESTRA DE MATERIAL COMPUESTO DE 10CM X 10CM X 1CM. FUENTE: PROPIA.....	21
TABLA 7. TIEMPOS DE SECADO Y CARACTERÍSTICAS DE LA TOTORA. FUENTE: PROPIA	22
TABLA 8. FICHA TÉCNICA DE RESINA DE POLIÉSTER ISOFTÁLICA CON NPG. FUENTE: (REGARSA, 2017).	24
TABLA 9. RELACIÓN PESO Y COSTO PARA MUESTRA DE RESINA DE POLIÉSTER DE 10CM X 10CM X 1CM. FUENTE: PROPIA	26
TABLA 10. VALORES DE ESFUERZO MÁXIMO A FLEXIÓN. FUENTE: PROPIA	31
TABLA 11. VALORES DE ESFUERZO MÁXIMO A COMPRESIÓN. FUENTE: PROPIA.....	31
TABLA 12. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE AGUA. FUENTE: PROPIA	32
TABLA 13. VALORES DE ENSAYO DE DENSIDAD. FUENTE: PROPIA	32
TABLA 14. PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS DE MATERIAL COMPUESTO Y POLICARBONATO. FUENTE: (ARKOS, 2018)	33
TABLA 15. PROPIEDADES MECÁNICAS DE RESINAS DE POLIÉSTER. FUENTE: (GIL, 2012)	38
TABLA 16. PROPIEDADES DE CURADO Y SISTEMAS DE CATALIZACIÓN DE RESINAS DE POLIÉSTER. (GIL, 2012)	39
TABLA 17. CAMPO DE APLICACIÓN Y PROPIEDADES FÍSICAS DE RESINAS DE POLIÉSTER. FUENTE: (GIL, 2012)	40
TABLA 18. VALORES DE ENSAYO DE FLEXIÓN 1. FUENTE: PROPIA.....	41
TABLA 19. VALORES DE ENSAYO DE FLEXIÓN 2. FUENTE: PROPIA.	42
TABLA 20. VALORES DE ENSAYO DE FLEXIÓN 3. FUENTE: PROPIA.	42
TABLA 21. VALORES DE ENSAYO DE COMPRESIÓN 1. FUENTE: PROPIA.	43
TABLA 22. VALORES DE ENSAYO DE COMPRESIÓN 2. FUENTE: PROPIA.	43
TABLA 23. VALORES DE ENSAYO DE COMPRESIÓN 3. FUENTE: PROPIA.	43
TABLA 24. VALORES DE ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA. FUENTE: PROPIA.	44
TABLA 25. VALORES DE ENSAYO DE DENSIDAD. FUENTE: PROPIA.	44

1 Marco Teórico

1.1 Cubiertas

1.1.1 Introducción a las cubiertas

La cubierta es aquel elemento o grupo de elementos que cubren el espacio de una edificación con el fin de proteger la misma de los fenómenos meteorológicos, sean: lluvia, viento, sol y nieve (Scharff & Kennedy, 2000).

Se puede asumir que los primeros seres humanos que habitaron la Tierra andaban a la intemperie, pero el ser humano desde sus inicios, ha necesitado de un refugio para protegerse, por esto resulta difícil definir cuáles fueron las primeras cubiertas utilizadas en la humanidad. Los primeros refugios utilizados por los habitantes del paleolítico fueron elaborados con los elementos encontrados en su alrededor como arcilla, rocas, madera e incluso piel de animales. Los habitantes del neolítico, después de abandonar sus costumbres nómadas, inician con la recolección de granos, para su alimentación y gracias al sedentarismo se empieza a ver la necesidad de un refugio contra los elementos de la naturaleza que también se destinó al almacenamiento de sus alimentos, es por esto que se empezó a elaborar las primeras estructuras en los años 10 000 A.C. donde los vestigios arquitectónicos indican el uso de materiales de construcción como ladrillos de adobe y madera para casas (Dander, 2012).



FIGURA 1 RECREACIÓN DE CASAS NEOLÍTICAS EN EL CENTRO DE VISITANTES DE STONEHENGE, INGLATERRA. FUENTE: (DANDER, 2012)

Las primeras cubiertas encontradas en civilizaciones antiguas han sido realizadas con troncos y ramas, pero con el tiempo aparecen soluciones más elaboradas, con arcilla y caña. Mientras mayor grado de protección se necesitaba, la estructura se volvía más compleja, por eso (García & García, 2001) afirma que en los distintos lugares del mundo, las cubiertas varían dependiendo de las exigencias climáticas; el desarrollo de la tecnología y la disposición de distintos materiales para plantear soluciones constructivas.

Se ha encontrado vestigios de cubiertas en los restos de las civilizaciones más antiguas y en todas las zonas climáticas. Esta inicia completamente como un elemento funcional para transformarse en un elemento de expresión en la arquitectura. A lo largo de la historia, se pueden encontrar edificaciones sin paredes, pero nunca sin techo, ya que protege de los agentes atmosféricos (Banning, 2009).

1.1.2 Clasificación de las cubiertas.







Por la forma	Inclinadas (P = 5% - 100%)	Tejados simples	Un agua	
			Dos aguas	
			Cuatro aguas	
			Poliédricas	
		Tejados compuestos	Combinación de de cubiertas simples	
	Planas (P = 1% - 5%)			
Por su uso	Transitables	Para peatones Para vehículos		
		Para vehículos		
	No transitables	Inclinadas	Inclinada con pendiente del 5% al 15%	
			Inclinada con pendiente superior al 15%	
		Planas	Protección pesada	Con grava
			Protección liviana	Con capa vegetal
	Protección liviana	Protección liviana con lámina de de gránulo mineral o metálica		
	Protección liviana	Protección liviana con impermeabilización superficial acrílica		
Por su comportamiento térmico	Cubiertas frías o ventiladas	Aplica a zonas cálidas, se conforman por dos partes que se separan por una cámara de aire.		
	Cubiertas calientes o no ventiladas	Aplica a zonas frías, se conforman por capas superpuestas con el fin de acumular el calor.		
Por el material	Naturales	Paja, caña y tierra.		
	Industrializados	Teja, pizarra, fibrocemento, aluminio, vidrio, polímero, placa asfáltica.		

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LAS CUBIERTAS. FUENTE: (GARCÍA & GARCÍA, 2001). ELABORACIÓN: PROPIA

1.2 Materiales de cubiertas: naturales e industrializados

A continuación se describen de manera general los principales materiales de cubierta y algunos de sus procesos principales de fabricación. Para esto se ha dividido en dos categorías: los materiales de cubierta naturales, los cuales se emplean directamente en la construcción después de haber sido extraídos y los materiales de cubierta industrializados, los cuales requieren de un procesamiento previo a su aplicación en la obra.

1.2.1 Materiales de cubierta naturales

1.2.1.1 Paja



FIGURA 2. CUBIERTA ELABORADA CON HOJAS DE PAJA. FUENTE: (DILEY, 2015)

Es una técnica que consiste en colocar múltiples capas de paja que garanticen la impermeabilización, para esto, la pendiente debe ser de preferencia superior a los 40°, de manera que el agua se escurra en menor tiempo. Lo principal en una cubierta de este tipo, son los colmados de paja, también conocidos como haces de paja, que se los coloca de manera sucesiva, en determinado orden, formando un elemento compacto que puede tener hasta 70cm de grosor (Merino, 2004). La disposición de estas haces, permite que la lluvia se deslice directamente al suelo evitando filtraciones y descomposición del material.

La paja generalmente se extrae de la zona local donde se realiza la construcción, siendo un tipo de material local y renovable. Las cubiertas de paja no pertenecen a una zona geográfica en específico, ya que se ha encontrado vestigios de esta desde tiempos ancestrales en varias partes del mundo y crece en distintas altitudes; algunos ejemplos son: arroz, trigo, avena, centeno (Alvarez, 2004).

Construir una cubierta con este elemento posee ventajas como son: aislamiento térmico, acústico, bajo costo y desventajas como el peligro de combustión, para este problema se recomienda construir las edificaciones aisladas, sin densificar, para evitar la propagación del fuego, evitar chimeneas, protección de todas las instalaciones eléctricas (Diley, 2015).

1.2.1.2 Hojas de palmera



FIGURA 3. CUBIERTA ELABORADA CON HOJAS DE PALMERA. FUENTE: (BRAÑAS, 2015)

Se utiliza la hoja de palmera principalmente en las regiones tropicales donde se desarrolla esta especie vegetal, esta técnica se realiza mediante el tejido de las hojas de las diferentes especies de palma, siendo unas más idóneas que otras para este propósito, esto gracias a los conocimientos obtenidos con el avance del tiempo. La técnica de tejido también ha ido perfeccionándose, volviéndose eficiente y eficaz en los diferentes lugares del mundo; la importancia del método de tejido es tan importante que se estima que una cubierta que ha sido correctamente elaborada puede durar hasta tres veces más que aquella que no se ha hecho correctamente (Brañas, 2015). Un factor importante para aumentar la durabilidad del material, es la pendiente con la que se construye, desde el 45% en adelante, permitiendo que el agua se escurra con velocidad para evitar la humedad y se evita a la vez generación de hongos, que son responsables de la descomposición de las hojas. Existen referencias que indican que la especie del Irapay (*Lepidocaryum tenue*), presente en la Amazonía dura hasta 6 años como material de cubierta (Mejía, 1986).

1.2.1.3 Tejuelas de madera



FIGURA 4. CUBIERTA ELABORADA CON TEJUELAS DE MADERA. FUENTE: (BONURA , Y OTROS, 2011)

Esta técnica consiste en revestir la cubierta con piezas o listones planos de madera de dimensiones y figuras variables, colocando la tejuela según la dirección de las fibras, de manera que esté alineada con la pendiente, esta se utiliza principalmente en los países ubicados al norte del planeta desde varios siglos atrás llevando el nombre anglosajón de "shake". Con una correcta instalación esta técnica proporciona una larga durabilidad (más de 30 años) aparte de la estética natural que aporta al elemento arquitectónico. Estas se elaboran principalmente de la madera extraída del pino, cedro y secoya californiana, por lo que resulta un material costoso con gran durabilidad, generalmente se realizan con el duramen (parte central del árbol) de la planta ya que tiene más resistencia que la albura (Bonura , y otros, 2011).

1.2.1.4 Cubiertas de totora



FIGURA 5. CUBIERTAS ELABORADAS CON TOTORA EN LAS ISLAS FLOTANTES DE LOS UROS. FUENTE: (HIDALGO, 2007)

Los habitantes de las islas flotantes de los Uros, construyen los techos y paredes de sus casas con esteras de totora tejidas a mano; la estructura se arma con tiras o pingos de eucalipto clavados entre sí, extraídos de los alrededores del lago Titicaca en Perú, trasladados desde el puerto Puno y reutilizados en las construcciones (Hidalgo, 2007).

1.2.1.5 Comportamiento de la totora frente al clima

En la investigación analizada por (Hidalgo, 2007), gracias a la disposición de totora en capas se observa como el agua cae en la parte externa, y sigue la dirección de las fibras, pero no solo recorre la superficie, sino penetra en los tallos debido a la gravedad y recorre el mismo sentido hasta salir por el extremo. En este ejemplo, las fibras son unidas mediante prensas de madera con el fin de resolver el proceso constructivo de estos módulos y el sistema de montaje sobre una estructura existente. Para este sistema, es importante el espesor de las capas, el traslape entre ellas y se recomienda una pendiente mayor al 45% para evitar filtraciones hacia el interior.

Al igual que en las cubiertas de paja y hojas de palmera, el agua se filtra al interior debido a que la unión de las fibras genera pequeñas cavidades que permiten el paso del líquido por la gravedad. Otro problema, es el deterioro de la planta por la exposición a los fenómenos atmosféricos, incluso con un tratamiento de barniz, (Hidalgo, 2007) afirma que su durabilidad podría ser mayor a los tres años.



FIGURA 6. SECCIÓN DE CUBIERTA DE TOTORA Y SU COMPORTAMIENTO FRENTE AL AGUA. FUENTE: (HIDALGO, 2007)

1.2.2 Materiales de cubierta industrializados

1.2.2.1 Teja de arcilla



FIGURA 7. CUBIERTA ELABORADA CON TEJA DE ARCILLA. FUENTE: (GDR, 2017)

Es uno de los materiales más utilizados, representando el 10% de los materiales de construcción producidos cada año en el mundo, esta, es una pieza que canaliza el agua mediante su correcta colocación, puede tener diversas formas y tamaños. Su origen se remonta a la antigüedad, incluso los romanos aprendieron de los tejados chinos a base de piezas de bambú cortado en los años 3000 A.C. (GDR, 2017).

Estas piezas se obtienen mediante el prensado, secado y cocción de la pasta de arcilla; se fabrican de manera industrial. Más adelante se detalla el proceso de fabricación de la misma.

Su proceso de fabricación es:

- Extracción de la arcilla de una mina al aire libre.
- Se coloca la arcilla en una desmenuzadora, la cual reduce el tamaño de la misma.
- Se procede a realizar la mezcla de arcillas.
- La mezcla es introducida en una maquina extrusora, donde se compacta el barro y se obtiene la forma deseada.
- Con una cuerda se realizan cortes de las aristas longitudinalmente.
- En este punto, las tejas son transportadas en las denominadas "suelas" que sirven para que la teja no se deforme.
- Separándose de la suela, pasa al secadero, caudal de aire alto y temperatura progresiva que evacua el 20% de agua q contiene, se alcanzan temperaturas hasta de 80 °C
- Se pasa por una cámara de pintura.
- Mediante robots se depositan sobre bandejas apiladas y se ingresa a un horno a 1000 °C durante 24 horas
- Se realizan controles de calidad mediante sonido y pruebas físicas de resistencia a la flexión.

1.2.2.2 Pizarra



FIGURA 8. CUBIERTA ELABORADA CON PIEDRA PIZARRA. FUENTE: (MG, 2015)

La pizarra es una piedra metamórfica, formada mediante la compactación de la arcilla a altas presiones y temperaturas, es de color oscuro, tiene un grano muy fino, el cual se puede separar con facilidad en hojas planas y delgadas, ha sido utilizada desde tiempos de los romanos. Las principales formas utilizadas en la construcción de cubiertas son: rectangular, cuadrada, rombo y pico pala. La técnica para su instalación es colocar las piezas en filas horizontales, superpuestas de manera que las juntas entre pizarras quedan alternadas entre fila y fila, con un traslape establecido por el fabricante con un mínimo de 3" (MG, 2015). En la actualidad, la pendiente mínima para la colocación de pizarra en cubiertas sin necesidad de un impermeabilizante se comprende entre el 30% y 45% (López, 2014).

Su proceso de fabricación es:

- La roca se extrae de una mina subterránea mediante un taladro que hace perforaciones para colocar cargas explosivas.
- Con hilo diamantado y agua se regula su temperatura y se extraen grandes bloques de pizarra.
- Los bloques son transportados con maquinaria pesada.
- Los más grandes se rompen para que puedan pasar por un rodillo, estos son llamados rachones.
- Se cortan los rachones longitudinalmente con discos diamantados
- Luego se procede a hacer un corte donde se obtienen cubos y se descartan los que no cumplen con la medida mínima.
- Mediante un martillo y una uñeta se transforman los bloques en láminas de pizarra, en grosores de 3mm, 4mm y 5 mm.
- Mediante rodillos nuevamente se llevan a una cortadora para darle la forma definitiva.

1.2.2.3 Planchas y tejas de fibrocemento

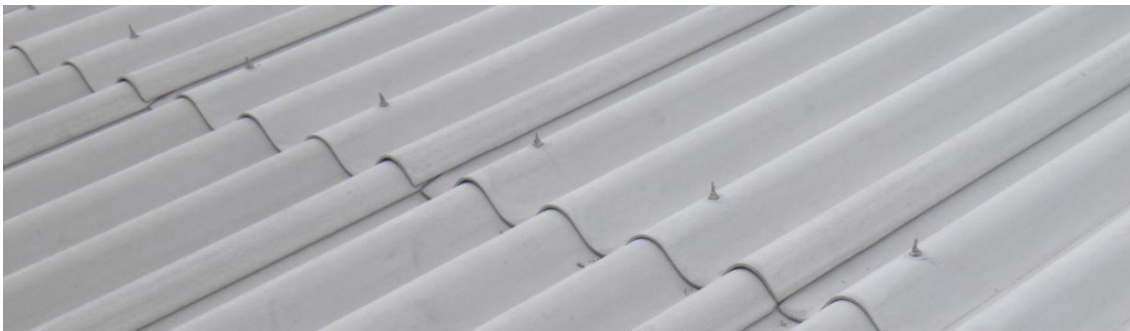


FIGURA 9. CUBIERTA ELABORADA CON PLANCHAS DE FIBROCEMENTO. FUENTE: (LÓPEZ, 2014)

El fibrocemento es un material que se forma por una mezcla de cemento, arena, agua, fibras orgánicas y aditivos. Teniendo características como: resistencia física y química, incombustibilidad, durabilidad y es de bajo costo (Jarabo, 2013).

En la construcción de cubiertas, este material se presenta en placas rectangulares que pueden ser onduladas o lisas, con distintas dimensiones, dependiendo del fabricante. El uso de planchas de fibrocemento tiene ventajas como es la facilidad de corte y manejo.

También se encuentran tejas de fibrocemento, las cuales se obtienen de una placa prensada, estas se fabrican de distintas formas, y dimensiones, se les puede dar múltiples colores mediante un esmalte de resinas sintéticas (Pramps, 2007).

Su proceso de fabricación es:

- Mezcla de materia prima y se transfiere a una serie de contenedores donde se mantiene en constante movimiento.
- Un cilindro giratorio equipado con un tamiz, se sumerge parcialmente en el contenedor y recoge finas capas del contenido mientras que la parte lechada se desagua mediante el filtro.
- Una cinta móvil, pegada al cilindro giratorio recoge delgadas capas del contenido hasta conseguir el grosor deseado, a continuación es cortada con cuchillas para obtener la dimensión necesaria.
- Se transfieren las planchas a una lata perfilada previamente engrasada y se da la forma mediante una cabeza neumática de moldeo que comprime y da la forma ondulada.
- Se procede al primer curado durante 24 horas y se transfieren a un almacén donde se realiza el segundo curado durante 14 días.
- Finalmente se almacenan para su venta, las mismas pueden ser pintadas en la fábrica o en la obra con cualquier pintura acrílica de base acuosa.

1.2.2.4 Aluminio



FIGURA 10. CUBIERTA ELABORADA CON CHAPAS DE ALUMINIO. FUENTE: (AYUSO, 2016)

El aluminio, a diferencia de otros metales, es muy liviano y es por esto que tiene varias aplicaciones en la construcción como: remates de fachadas estructurales, apliques con vidrio, fabricación de andamios, detalles de aluminio, estructuras con aluminio.

Debido a su gran abundancia, la posibilidad de aleación, maleabilidad, ligereza, resistencia a la corrosión, entre otras características, existe una amplia gama de productos, cada uno de ellos con aplicaciones diferentes. (Ayuso, 2016).

Las aplicaciones del aluminio más comunes en las edificaciones para cubiertas y fachadas son:

- Chapas metálicas perfiladas.
- Chapas curvadas.
- Chapas metálicas perfiladas y micro perforadas, generalmente se utilizan con propósitos acústicos.
- Bandejas metálicas, se realizan en el lugar de construcción, sustituyendo correas estructurales con un montaje tipo sándwich, que consisten en una capa múltiple formada por dos planchas de aluminio con un núcleo central aislante, de espuma de poliuretano inyectado, lana de roca o poliestireno expandido

Su proceso de fabricación es:

- La materia prima se introduce en hornos fusores, cuando está en estado líquido se prepara la aleación.
- Se vierte en una mesa de moldeo donde se obtienen placas grandes de 5 metros de largo.
- Las placas se introducen en un horno de gas y se calientan a temperatura de forjado (entre 800°C y 1000°C), es aquí cuando se procede a laminar en caliente mediante cilindros que reducen el espesor en sucesivas pasadas hasta convertirse en rollos.
- Los rollos fríos se laminan mediante cilindros especiales de acabado fino con el fin de lograr propiedades mecánicas y espesores diferentes.
- Finalmente se convierten en chapas, mediante el aplanado de los rollos.

1.2.2.5 Vidrio



FIGURA 11. CUBIERTA ELABORADA CON VIDRIO. (LAMILUX, 2017)

El vidrio es un material que se utiliza frecuentemente en la construcción de cubiertas, principalmente porque reduce el gasto energético empleado en luz artificial y calefacción, ya que permite el paso de los rayos solares hacia el interior de la edificación.

Para su instalación se debe cumplir con los siguientes requerimientos: una ventilación adecuada en el espacio donde se recubrirá con vidrio para proporcionar un ambiente fresco, también se puede controlar el ingreso del calor mediante doble vidriado hermético, el cual forma una cámara de aire que retrasa la transferencia de calor; la pendiente debe encontrarse entre el 15% y 25% aproximadamente para evitar el estancamiento del agua. El control del rompimiento térmico es el resultado de los cambios bruscos de temperatura, esto se puede controlar ventilando el interior adecuadamente y no exponiendo al vidrio contra las corrientes de aire; otro factor importante es la seguridad, ya que su instalación se encuentra directamente sobre los ocupantes, es por esto que se recomienda el uso de vidrio templado (tipo de vidrio que

se ha tratado química y térmicamente que al romperse se fragmenta en partes pequeñas), el cual es menos propenso a rompimiento térmico.

Su proceso de fabricación es:

- Para la fabricación del vidrio se necesita combinar arena silícica, carbonato sódico, dolomita, piedra caliza, nefelina sienita y sulfato sódico.
- Esta mezcla se funde en un horno de gas a 1500 °C
- Se homogeniza la mezcla.
- A continuación se vierte sobre estaño a 1000 °C, el vidrio flota, se enfría y solidifica en este punto. Según la cantidad que se vierte, se da el grosor deseado.
- Se desplaza por rodillos aún caliente, se introduce a otro horno donde se calienta sin fundir con el fin de enfriarlo lentamente.
- Se enfría lentamente para evitar grietas y finalmente un diamante corta los bordes del cristal.

1.2.2.6 Teja asfáltica



FIGURA 12. CUBIERTA ELABORADA CON TEJA ASFÁLTICA. FUENTE: (BONURA , Y OTROS, 2011)

La teja se constituye por varias láminas, siendo la primera de asfalto, la segunda fibra de vidrio, la tercera de asfalto y finalmente la cuarta es un recubrimiento cerámico de gránulos minerales. Las formas y dimensiones pueden variar según el fabricante, generalmente su anclaje es mediante clavos y se utiliza en cubiertas con pendiente superior al 39%. Este material caracteriza por: flexibilidad, alto nivel de resistencia a todo tipo de condiciones climáticas, no permite el crecimiento de hongos o algas, no requiere mantenimiento y tienen una durabilidad de 30 años o más (Pramps, 2007).

Su proceso de fabricación es:

- Las láminas son hechas de fibra de vidrio o de materiales orgánicos como papel, madera y reciclados.
- Esta lámina es cubierta con membrana de asfalto de lado y lado.
- Con la membrana aun húmeda se esparcen granos minerales con colores, los cuales tienen doble función: proteger de los rayos U.V. y dar color.
- Al enfriarse el asfalto se procede al seccionamiento de las mismas.
- La parte trasera y delantera se cubren con polvo de piedra para que no se peguen entre sí en el empacado.

1.2.2.7 Teja de micro concreto



FIGURA 13. CUBIERTA ELABORADA CON TEJAS DE MICRO CONCRETO. FUENTE: (BLANCO MONTERO & MORALES PEREIRA, 2016)

Son elaboradas con cemento, arena, agua y aditivos, también se puede agregar pigmentos de color, los cuales no modifican las propiedades de la teja, se caracteriza por tener gran aislamiento térmico, acústico y resistencia a la flexión (Pramps, 2007). Generalmente se encuentra en el mercado formas planas, curvas con dimensiones variables dependiendo del fabricante.

Su proceso de fabricación es:

- Se coloca la mezcla de cemento, arena, agua y aditivos en bandejas vibratorias.
- Se da la consistencia necesaria a la mezcla y se pasa a la vibradora donde se eliminan las burbujas de aire y garantizar la impermeabilización.
- A continuación se procede al verter la mezcla en el molde.
- Se procede al fraguado en el mismo molde durante 24 horas.
- Se desmolda y se sumerge en estanques con agua durante 7 días.
- Finalmente se procede al curado en sombra durante 28 días.

1.2.2.8 Planchas de policarbonato



FIGURA 14. CUBIERTA ELABORADA CON PLANCHAS DE POLICARBONATO. FUENTE: (FEMOGLAS, 2018)

Este material consiste en un termoplástico, el cual se derrite cuando se calienta y se endurece formando un material vítreo cuando se enfría, es elaborado mediante la extrusión del material. Hoy en día es aplicado en las cubiertas mediante planchas, logrando espacios iluminados naturalmente; generalmente se combina con planchas metálicas. Sus características principales son: la flexibilidad, tiene resistencia al impacto (250 veces superior al vidrio), es ligero con una densidad de 1.2kg/m², transmite luz al 90%, soporta temperaturas entre -40 °C y 100 °C y es un material reciclable (Femoglas, 2018). Estas planchas tras-lúcidas, al igual que el vidrio, permiten considerablemente el ahorro de energía ya que transmiten la luz natural al interior de las edificaciones.

Su proceso de fabricación es:

- Una masa de policarbonato es un plástico que es derretido mediante calor
- Mediante un extrusor, adquiere la forma deseada, en este caso planchas.
- La textura será determinada según los rodillos utilizados en el extrusor.
- Puede agregarse color, pulirse o texturizarse para dar efectos a la luz que atravesará la plancha.

1.2.2.9 Cobre

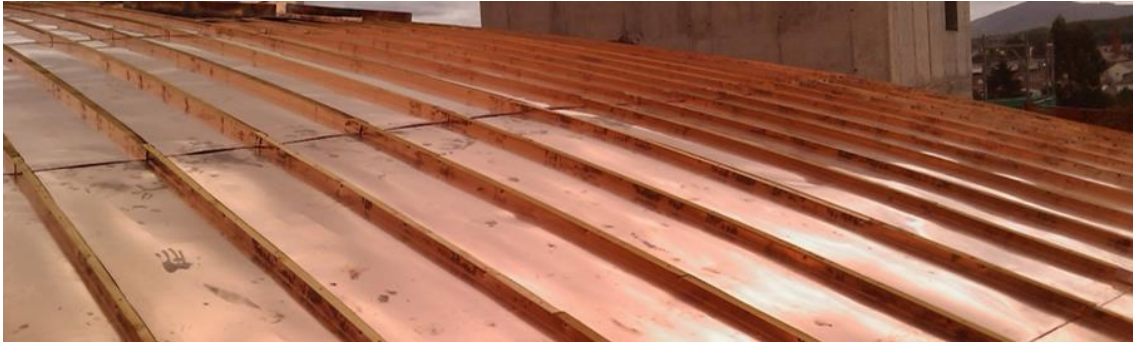


FIGURA 15. CUBIERTA ELABORADA CON CHAPAS DE COBRE. FUENTE: (CEDIC, 2006)

Este material se utiliza en el revestimiento de cubiertas, se puede adaptar prácticamente a cualquier forma y se puede aplicar en cubiertas con pendientes entre el 1% y el 100%. Las chapas que se utilizan en cubiertas generalmente tiene una densidad de 8.9kg/m² (CEDIC, 2006). Las características principales de la cubierta de cobre son: formación de la pátina natural (oxidación natural), o sales de cobre que se forman sobre la superficie convirtiéndose en una capa protectora del mismo, resistencia a la corrosión, resistencia al fuego y a cambios de temperatura. Principalmente existen dos formas en las cubiertas de cobre; la plancha que consiste en una lámina plana rectangular con un ancho mínimo de 0.45m y el fleje (cinta) que tiene un ancho inferior a 0.45m (Pramps, 2007).

Su proceso de fabricación es:

- Se extrae el material de una mina a cielo abierto o subterráneo y se procede a su extracción.
- Se reduce el tamaño de los fragmentos con trituradores a 0.18 mm
- El mineral molido se pasa a una planta, mediante un proceso físico químico se separan los minerales, mediante flotación
- El material se deposita en pilas que son tratadas por goteo con aspersores y una solución acida (ácido sulfúrico).
- La solución pasa al proceso de extracción iónica que transfiere y selecciona el cobre a otra solución llamada electrolito rico.
- Mediante corriente continua, el cobre se deposita en placas de acero inoxidable con el cual se recupera el cobre disuelto en la solución y se forman los cátodos (planchas de cobre) con una pureza de 99.99%

1.2.3 Resumen de procesos de fabricación de materiales de cubierta

Después de conocer los principales materiales de construcción, naturales e industriales, es posible realizar una tabla resumen, donde se indicarán cuáles son los procesos de

fabricación más significativos con el fin de tener bases para el diseño del nuevo material de cubierta.

Técnica Material	Combinación de materias primas.	Extrusión	Cocción	Prensado	Fraguado	Seccionado	Aplicación de impermeabilizante	Atados y tejidos.
Teja de arcilla	x	x	x		x	x	x	
Pizarra						x	x	
Planchas y tejas de fibrocemento	x				x			
Aluminio	x		x	x		x		
Vidrio	x		x			x		
Teja Asfáltica	x			x		x		
Teja de hormigón	x			x	x			
Planchas de policarbonato		x				x		
Planchas y flejes de cobre	x		x					
Paja								x
Hoja de palmera								x
Tejuelas de madera						x		

TABLA 2. PRINCIPALES PROCESOS DE FABRICACIÓN DE MATERIALES DE CUBIERTAS. ELABORACIÓN: PROPIA

El material de cubierta, es la parte que se encuentra directamente expuesta a los fenómenos atmosféricos, por lo que es de gran importancia que este sea resistente a las condiciones climáticas (lluvia, viento, nieve). Generalmente no se presta atención a estos elementos, pero sin ellos el deterioro de la edificación es inevitable por lo que se suele recurrir a materiales que garanticen la impermeabilización de la cubierta.

Una vez que se han analizado las principales técnicas en la fabricación de materiales para cubierta, se puede definir que la principal diferencia en los procesos de fabricación de los materiales naturales, es el uso de la técnica de atado y tejidos, ya que son principalmente tallos y hojas de plantas. Otra diferencia significativa es el periodo de duración que ofrecen los materiales industrializados, prolongando su vida útil. Es por esto que este trabajo de investigación se centra en desarrollar un panel que ofrezca características de resistencia, durabilidad e impermeabilidad mediante la combinación de las técnicas analizadas en la tabla 2.

1.3 La Tofora

1.3.1 Descripción

La tofora (*Schoenoplectus Californicus*), es una planta acuática perenne, es decir, que puede vivir dos años o más, posee un tallo subacuático, del cual nacen varios tallos de color verde y pueden medir desde 1.5 m hasta 3.5 m de altura, son rectos, lisos, verdes y crecen en forma de matas espesas, crece en humedales de suelo fangoso, posee una estructura porosa en su interior, siendo similar a una esponja, por lo que se vuelve un material liviano. (Aponte, 2009).



FIGURA 16. SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS EN LA LAGUNA DE BUSA, AZUAY. FUENTE: PROPIA

1.3.2 Desarrollo y uso en América

La planta se distribuye a lo largo de las costas de los océanos Atlántico y Pacífico en el continente Americano, desde la Florida hasta Argentina y desde California a Chile, respectivamente (Adams, 1994). Económicamente, esta planta es importante para países como Perú, Paraguay, México, Guatemala, Ecuador, Bolivia y Argentina, ya que es usada para la fabricación de artesanías, botes pequeños, incluso como elemento constructivo en el lago Titicaca en las famosas Islas flotantes de los Uros (Heiser, 1978).

1.3.3 Desarrollo y producción en Ecuador

En el Ecuador, crece en los Andes, aproximadamente a 2000 metros sobre el nivel del mar, también se desarrolla en lugares con menor altura, a temperaturas que varían entre los 12°C y 16°C, donde la precipitación anual es de 400 a 1200 milímetros por metro cuadrado. Se puede observar en siete principales sitios en tres provincias del Ecuador: en el lago San Pablo, laguna de Yahuarcocha y río Itambi, en la provincia de Imbabura, donde se ha gestionado y replantado por los residentes. En la provincia de Cotopaxi se cultiva en parcelas y se riega con agua de ríos cercanos, en Chimborazo se ha introducido en el lago de Colta y en los alrededores del río Guano. (Forman, 1977) Estos son los sitios donde la totora se presenta en mayores cantidades en el país, en cuanto al resto de lugares, se cultiva en menor escala.

En Imbabura, la totora se cosecha hasta 2 veces al año y crece hasta 4.5m en 6 a 7 meses, en Cotopaxi y Chimborazo se cosecha solo una vez cada año y crece hasta 3.5m (Levieil & Orlove, 1991).

En algunos lagos, especialmente en Imbabura, la explotación de esta planta no parece traer efectos negativos en especies animales o vegetales en los lagos. La totora provee hábitat de reproducción para peces y aves acuáticas, las mismas que sirven de alimento para las comunidades que se asientan en la zona. La totora es una planta que fácilmente se propaga, no requiere especial atención para su desarrollo. Su presencia en la provincia de Esmeraldas sugiere que podría ser introducida en la región de la costa, en piscinas cerca de los ríos o en tierras húmedas como se ha realizado en Cotopaxi. (Macía & Balslev, 2000). En la tabla 3 se indican las áreas estimadas de totora que existe en el Ecuador.

Provincia	Localidad	Altitud	Área (ha)
Imbabura	Lago San Pablo	2760	150
Imbabura	Yaguarcocha	2190	80
Imbabura	Cusín	2770	32
Cotopaxi	Guaytamaca	2970	35
Cotopaxi	Tanicuchí	2980	15
Chimborazo	Lago Colta	3340	40
Chimborazo	Río Guano	2580	90
Total			442

TABLA 3. SITIOS Y ÁREAS ESTIMADAS DE TOTORA EN ECUADOR. FUENTE (MACÍA & BALSLEV, 2000). ELABORACIÓN: PROPIA

Color	Descripción
	No se desarrolla
	Se desarrolla
	Se desarrolla y cultiva

#	Provincia
1	Azuay
2	Bolívar
3	Cañar
4	Carchi
5	Chimborazo
6	Cotopaxi
7	El Oro
8	Esmeraldas
9	Galápagos
10	Guayas
11	Imbabura
12	Loja
13	Los Ríos
14	Manabí
15	Morona Santiago
16	Napo
17	Orellana
18	Pastaza
19	Pichincha
20	Santa Elena
21	Santo Domingo
22	Sucumbíos
23	Tungurahua
24	Zamora Chinchipe

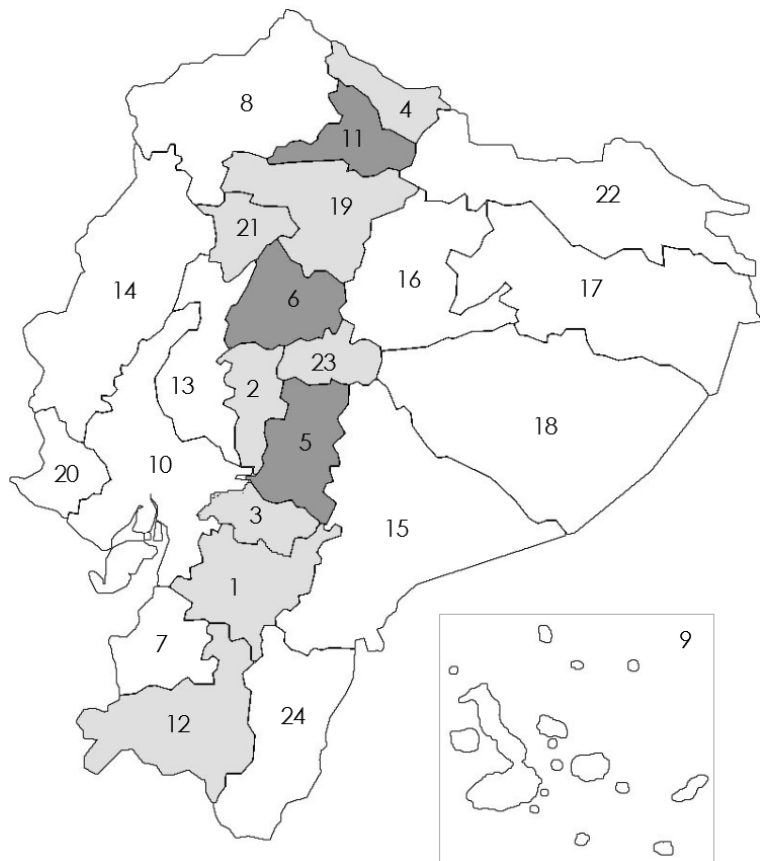


FIGURA 17. MAPA DE ECUADOR DONDE LA TOTORA SE DESARROLLA NATURALMENTE Y ES CULTIVADA. FUENTE: PROPIA

1.4 Polímeros

Los polímeros son macromoléculas unidas por enlaces de unidades más simples llamadas monómeros, estas son sustancias de bajo peso molecular que se juntan (entre ellos) por cientos o miles. Las materias primas para elaborar polímeros pueden provenir de: vegetación, carbón, gas natural y petróleo.

Estos se pueden clasificar según:

- La forma de obtención: naturales y sintéticos (desarrollados desde los años 50)
- Acomodamiento de sus cadenas: amorfos y cristalinos
- Comportamiento térmico químico: termoestables o termofijos y termoplásticos.
- Por su construcción y numero de monómeros en: homopolímeros, co-polímeros

En la variedad de clasificaciones de los polímeros existentes, este trabajo se enfocara en los tipos de polímeros según su comportamiento frente al calor. Siendo los principales:

1.4.1 Polímeros según su comportamiento térmico químico

1.4.1.1 Termoplásticos

Son aquellos que mediante cierta temperatura pasan a un estado líquido, pudiendo así moldearse y al descender dicha temperatura (menor a 40 °C) solidifican manteniendo su forma. Algunos ejemplos de ellos se son: poliuretano, polietileno, polipropileno, policarbonato. (Alvarado, 2017)

1.4.1.2 Termoestables

Estos polímeros, son aquellos que necesitan de un agente externo (catalizador) para cambiar su estructura y una vez que este cambio se ha producido no puede volver a su estado anterior. (Gil, 2012)

1.5 Resina de Poliéster

La resina de poliéster es un plástico termo estable, que se encuentra en estado líquido a temperatura ambiente y se puede llevar a estado sólido mediante la adición de un catalizador, una vez producido este cambio no puede volver a su estado anterior (Gil, 2012). La resina de poliéster es una de las más utilizadas para muchos tipos de aplicaciones ya que se puede conseguir con ella varios tipos de materiales compuestos con características distintas como resistencia a: impacto, temperatura, humedad, agentes corrosivos, fuego, rayos U.V. (Olivares, Galán, & Roa, 2003)

1.5.1 Tipos de resinas de poliéster

En el mercado, existen varias empresas, que producen resina de poliéster con características que dependen de las necesidades de los consumidores pero existen tres principalmente:

Ortoftálica		Isoftálica		Isoftálicas con NPG	
Aplicación		Aplicación		Aplicación	
- Fabricación de piezas reforzadas con fibra de vidrio y moldeo manual - Fabricación de láminas translúcidas con fibra de vidrio.		- Fabricación de piezas reforzadas con fibra de vidrio que requieran resistencia química y al calor - Fabricación de moldes		- Fabricación de superficies sólidas	
Características	Beneficios	Características	Beneficios	Características	Beneficios
Alta Viscosidad	Se puede ajustar con estireno en diferentes proporciones según la aplicación deseada	Resistencia química	Resistencia a soluciones, gases, humos o sólidos corrosivos orgánicos e inorgánicos .	Adición de NPG (neopentiglicol)	- Mínima decoloración después de continua exposición al agua - Resistencia a manchas - Alta temperatura de distorsión 80 °C - Resistencia al choque térmico
Buena humectación de fibra de vidrio	Fácil eliminación de burbujas	Baja absorción de agua	Resistencia a degradación por agua		
Rígida	Resistencia Mecánica	Versatilidad	Apropiada para: moldeo manual, moldeo por aspersión	Estabilizada a la luz U.V.	Mínimo amarillamiento
Buen coeficiente de encogimiento	Piezas con estabilidad dimensional	Aprobada por FDA (Food and Drug Administration)	Apropiada para tener contacto con alimentos		

TABLA 4. TIPOS DE RESINAS DE POLIÉSTER. FUENTE (GIL, 2012). ELABORACIÓN: PROPIA.

1.5.2 Curado

El cambio de estado líquido a sólido se llama curado o polimerización, en el cual se desarrolla una reacción exotérmica, es decir que genera temperatura. El cambio de estado se desarrolla gracias a la adición de dos elementos:

- Acelerador: octoato de cobalto, es un líquido rosáceo que acelera el proceso de secado, debe ser mezclado a la resina antes de añadir el catalizador.
- Catalizador: Conocido como MEK (metil etil cetona) peróxido, sirve para todo tipo de resinas de poliéster y viniléster, es el aditivo básico para el curado (Pico, Silva, & Velasco, 2015).

El estireno es un componente importante de las resinas de poliéster ya que funciona como disolvente de la misma permitiendo mantenerla en estado líquido para que pueda ser trabajada.

Una vez añadido el catalizador, provoca que los elementos químicos de la resina se enlacen, de líquido pasa a estado de gel y finalmente se endurece.

Existen factores que afectan directamente al curado, estos son establecidos dependiendo del fabricante pero los principales son:

- Temperatura ambiente: las resinas no curan en temperaturas inferiores a 16 °C y superiores a 27 °C. A mayor temperatura ambiente, más rápido es el curado y a menor temperatura, menor tiempo de curado.
- Cantidad o tipo de catalizador: no debe exceder de un 2.4% o estar debajo del 1% para obtener un curado adecuado.
- Tiempo de curado: se establece por el fabricante pero generalmente 12 horas. (Gil, 2012).

2 Diseño metodológico

En el siguiente apartado, se diseñarán los paneles, partiendo de los criterios analizados con el uso de totora como parte de una cubierta. A partir de la experimentación y observación, se descubren hechos que derivan en conclusiones, por lo que se ha procedido como se presenta en el siguiente diagrama:

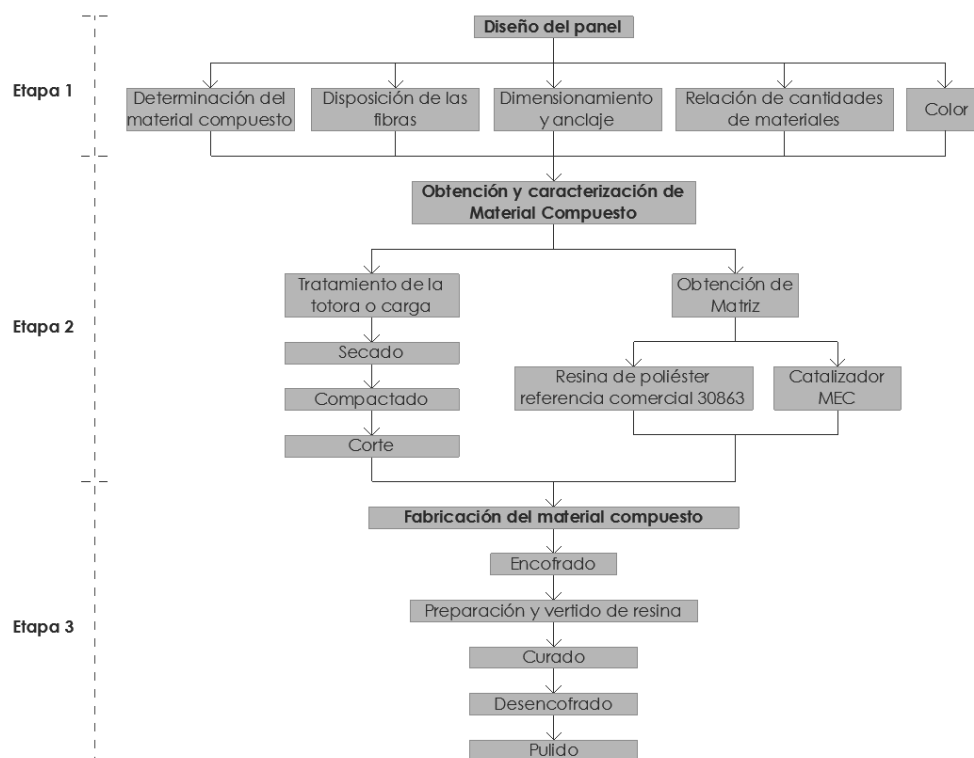


FIGURA 18. DIAGRAMA DE PROCEDIMIENTOS PARA EL DISEÑO Y OBTENCIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO. FUENTE: PROPIA

2.1 Determinación del material compuesto

Un material compuesto es un sistema de materiales (pueden ser dos o más), los cuales son diferentes en forma y composición, con el fin de conseguir propiedades que no se

puede lograr con los materiales por si solos. Generalmente está configurado por dos elementos principales: el constituyente o refuerzo (totora) que por lo general se encuentra en menor cantidad, más la matriz (resina de poliéster) que se encuentra en mayor cantidad y por lo general rodea al refuerzo. Otro elemento que generalmente llevan los materiales compuestos son los aditivos y las cargas, que tienen el fin de dar características particulares o reducir el costo (Brenes, 2013).

Los materiales compuestos se clasifican en tres grupos, esto depende de la naturaleza de la matriz que se va a utilizar

- Con matriz polimérica: es el más común por su bajo costo y su facilidad de fabricación, la matriz se constituye por polímeros termoplásticos o termoestables. (Munawar & Khan, 2007)
- Con matriz metálica: como su nombre indica, su matriz está formada por metales, generalmente por magnesio, aluminio y titanio.
- Con matriz cerámica: su matriz se compone de compuestos cerámicos como son alúmina, calcio, aluminosilicatos, que son compuestos químicos constituidos por metales y no metales que incluyen minerales de arcilla, cementos y vidrios (Munawar & Khan, 2007).
- Material compuesto carbono – carbono: en este caso se utilizan fibras de carbono incorporadas en una matriz de carbono, generalmente se aplica en casos donde existen temperaturas mayores a los 3000 °C (Munawar & Khan, 2007).

En el campo de la construcción, las matrices más utilizadas son las termoestables, entre ellas el poliéster, viniléster, fenólicas y epoxi (Olivares, Galán, & Roa, 2003)

2.2 Conformación del material compuesto

La fibra de totora puede usarse como material de cubierta, pero su problema principal es su baja resistencia a los fenómenos atmosféricos, debido a ello se necesita conformar un material compuesto. La aplicación de un segundo elemento permitirá sellar las cavidades por donde se filtra el agua, protegiendo la totora de los efectos atmosféricos

El uso de una matriz polimérica permite elaborar un material de cubierta que puede tener múltiples formas, ser impermeable, resistente y traslucido, aprovechando las características visuales de la totora, que en este material compuesto equivale a la carga. El concepto de esta propuesta consiste en sumergir los tallos de totora en resina, formando un panel con forma de prisma rectangular. De esta manera se resolverían los dos principales problemas analizados previamente: el deterioro del material y la impermeabilización.



FIGURA 19. DISPOSICIÓN DE MATERIALES EN EL MATERIAL COMPUESTO. FUENTE: PROPIA

2.3 Disposición de las fibras

Para la fabricación de los paneles, se puede trabajar con fibras dispuestas en diferentes posiciones, este aspecto influirá en el comportamiento mecánico del material final, en el presente trabajo se ha establecido el uso de agrupaciones en corte transversal.



FIGURA 20. TALLOS DE TOTORA EN TEJIDO TAFETÁN, EN PARALELO Y EN AGRUPACIÓN DE CORTE TRANSVERSAL. FUENTE: PROPIA

2.4 Dimensionamiento y anclaje

Las dimensiones (largo y ancho) del panel dependerán completamente de las necesidades constructivas, pero el espesor tendrá medidas específicas que pueden variar entre los 4mm hasta 10mm, ya que en las juntas se utilizará perfiles H de plástico para policarbonato, los cuales se ajustan a los espesores de paneles. Para agilizar el proceso de diseño, se ha iniciado con la fabricación de muestras de 10cm x 10cm x 1cm. Los perfiles H de policarbonato van empernados en las viguetas de madera, y sobre estos se colocan las planchas con el dimensionamiento establecido.

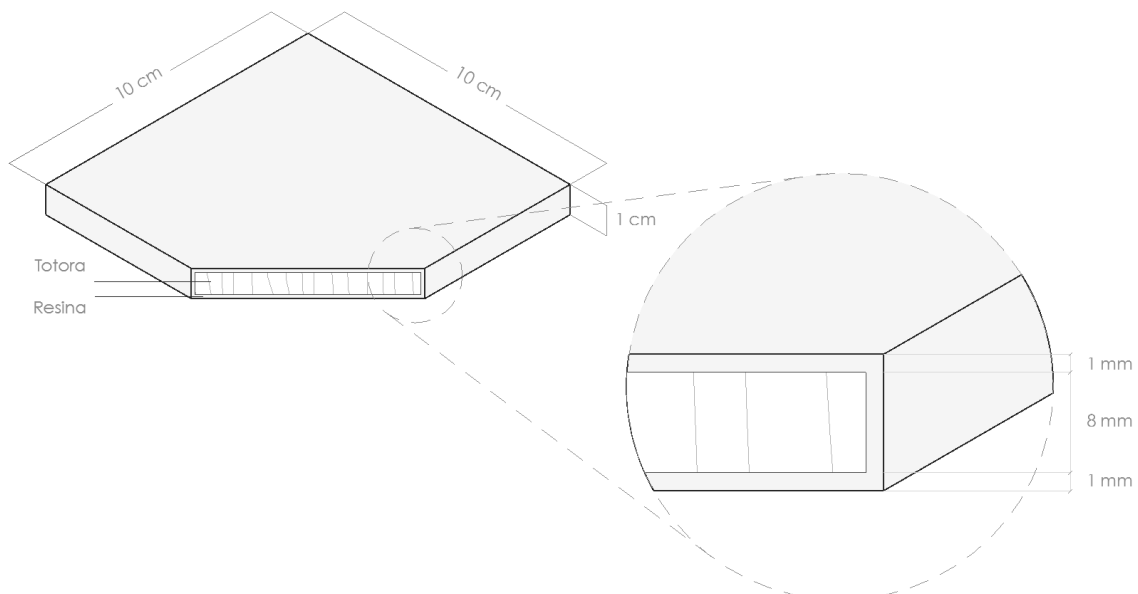


FIGURA 21: MUESTRA SECCIONADA, CON DIMENSIONES Y SU COMPOSICIÓN. FUENTE: PROPIA

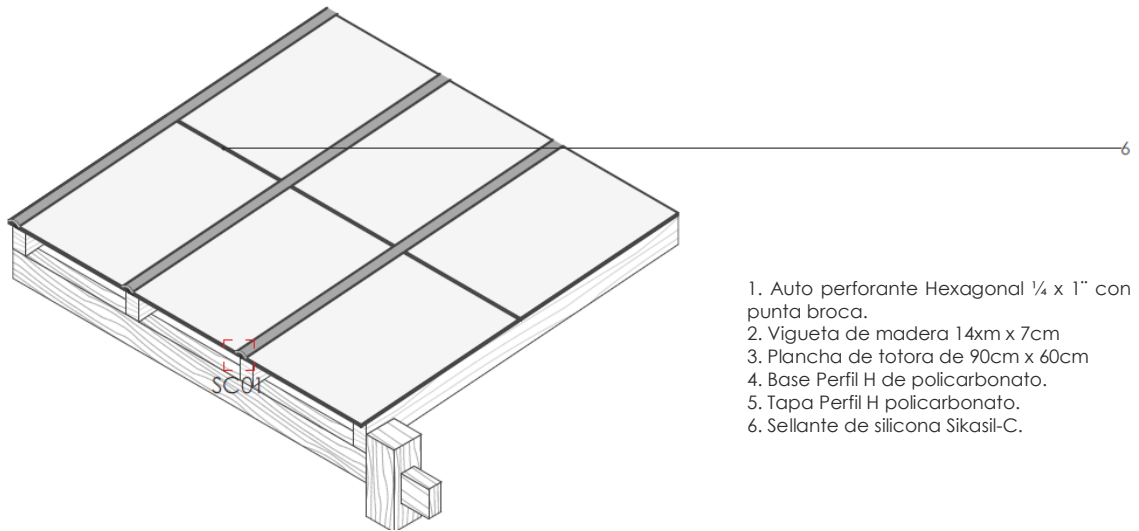


FIGURA 22. ISOMETRÍA DE PANELES APLICADOS EN UNA PÉRGOLA. FUENTE: PROPIA

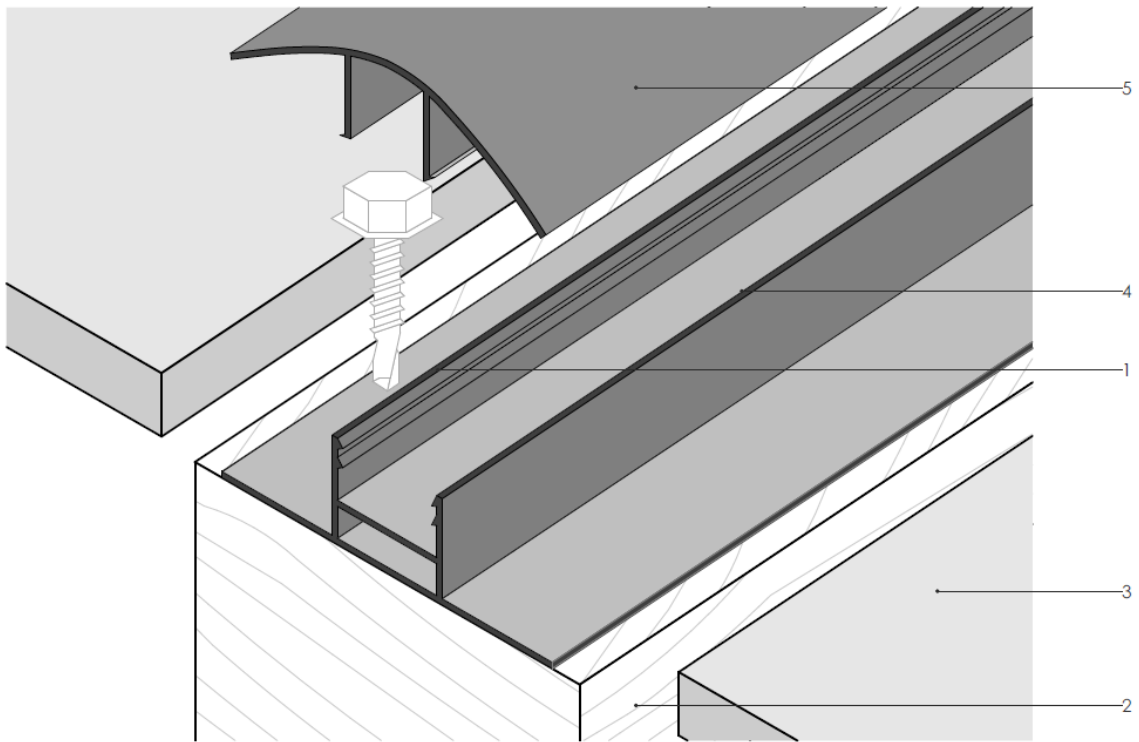


FIGURA 23. SECCIÓN CONSTRUCTIVA 01. FUENTE: PROPIA

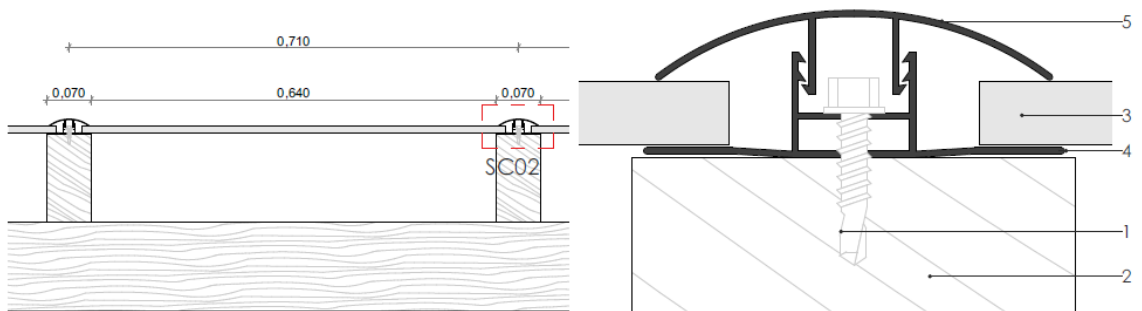


FIGURA 25. VISTA DE SECCIÓN DE PÉRGOLA. FUENTE: PROPIA

FIGURA 24. SECCIÓN CONSTRUCTIVA 02. FUENTE: PROPIA.

2.5 Relación entre cantidad de fibra y resina

Este es el aspecto más importante a considerar ya que influirá en el comportamiento físico y mecánico del panel. En la investigación de (Alvarado, 2017), "Obtención y caracterización mecánica de material compuesto resina de poliéster – fibra de piña" se establece una relación de materiales de 15% fibra de piña - 85% resina de poliéster, ya que en la conformación de materiales compuestos, el refuerzo siempre tendrá menor porcentaje con relación a la matriz. También se toma en cuenta que la densidad de la resina de poliéster es 1.2 gr/cm³ (Alvarado, 2017) y de los tallos de totora en estado seco es 0.18 gr/cm³ (Hidalgo, 2007), en este trabajo se ha utilizado la misma relación indicada anteriormente (15% de totora y 85% resina de poliéster) que se mantendrá a lo largo de este proceso de diseño.

En las tablas 5 y 6, se indica la relación de peso – costo, trabajando con resina de poliéster de la Empresa Regarsa Cía. Ltda. que tiene un costo de 3.04 dólares por litro.

Material	Densidad (gr/cm ³)	Peso (gr)	Relación de peso (%)	Costo Unitario (\$/kg)	Costo Unitario (\$/gr)	Costo Total (\$)
Resina Poliéster	1,15	120	100	3,04	0,03	0,36

TABLA 5. RELACIÓN PESO Y COSTO PARA MUESTRA DE RESINA DE POLIÉSTER DE 10CM X 10CM X 1CM. FUENTE: PROPIA

Material	Densidad (gr/cm ³)	Peso (gr)	Relación de peso (%)	Costo Unitario (\$/kg)	Costo Unitario (\$/gr)	Costo Total (\$)
Carga (totora)	0,18	15	15	0,89	0,01	0,01
Resina Poliéster	1,15	82	85	3,04	0,03	0,25
Total		97	100	3,93	0,04	0,26

TABLA 6. RELACIÓN PESO Y COSTO PARA MUESTRA DE MATERIAL COMPUESTO DE 10CM X 10CM X 1CM. FUENTE: PROPIA

Como se indica en la tabla 6, la cantidad de totora usada en el material compuesto disminuirá la cantidad de la resina reduciendo un 27% del costo de materia prima en la muestra de 10cm x 10cm x 1cm.

Utilizando esta relación de pesos (15% totora – 85% resina), se cubre aproximadamente el 80% de la superficie de la muestra, ya que se necesita un total de 19 gr para cubrir al 100%, bloqueando por completo el paso de la luz.

2.6 Color

El color del tablero se definirá por el tipo de matriz utilizada y el tiempo de secado que tengan las fibras de totora, para obtener colores con diferentes tonalidades en el tablero, se debe utilizar tallos con distintos tiempos de secado; al mismo tiempo se necesita traslucidez para que estos colores puedan ser apreciados, por tanto es necesario el uso de resina de poliéster transparente por lo que se ha definido el uso de resina de poliéster isoftálica con neopentiglicol.

3 Tratamiento del material

3.1 Secado

Al ser una planta acuática, se necesitó tiempo para el secado, por lo que se expuso el material al sol con precaución de que los tallos no se mojen con el agua de lluvia, se giraron los atados cada semana para evitar la acumulación de humedad en la parte inferior. Los periodos de secado variaron entre 15 días y 3 meses obteniendo los siguientes resultados:







Tiempo de Secado	Características del material	Coloración
15 días	Duro	
1 mes	Duro	
1,5 meses	Flexible	
2 meses	Flexible	
2,5 meses	Flexible	
3 meses	Quebradizo	

TABLA 7. TIEMPOS DE SECADO Y CARACTERÍSTICAS DE LA TOTORA. FUENTE: PROPIA

Los tallos que han presentado mejores características físicas para su aplicación en este proyecto son los que se han secado 45 días y 75 días, ya que son flexibles, no se rompen al manipularlos y se pueden comprimir con más facilidad.

3.2 Compactado

Para poder compactar este material fueron necesarios amarres plásticos de 35 cm de largo para formar atados circulares con un diámetro de 8cm (dependiendo del diámetro del disco de corte), la importancia de considerar el diámetro del atado se debe a que mientras más pequeño sea el atado, más presión se podrá ejercer manualmente en los tallos de totora. El compactado se logra ajustando gradualmente los amarres.



FIGURA 26. TALLOS DE TOTORA COMPACTADOS CON AMARRES PLÁSTICOS. FUENTE: PROPIA

3.3 Corte

Para no obtener desperdicio al momento del corte, es necesario aplicar acetato de polivinilo (goma blanca industrial) en la superficie de los atados y dejar secar durante 3 horas aproximadamente, con el fin de mantener las pequeñas piezas de totora unidas.

La capa de goma utilizada deberá formar una delgada película con el fin de descomponer los cortes en partes más pequeñas.

Se realiza cortes transversales de un espesor de 8mm con una ingleteadora de mano DeWalt y un disco de diámetro igual a 10 pulgadas con 80 dientes. Al no usar esta técnica, se genera gran cantidad de desperdicio (entre 80 % a 90%).



FIGURA 27. INGLETEADORA DE MANO Y PROCESO DE CORTE. FUENTE: PROPIA

4 Fabricación de las muestras

4.1 Encofrado y vertido de resina

Los moldes se han elaborado con tiras de laurel y planchas de MDF (fibra de densidad media con dimensiones internas de 10cm x 10cm x 1.5cm. Para evitar que la resina se adhiera al molde de madera al endurecer, es necesario colocar una capa anti adherente, en este caso particular se utilizó una mezcla homogénea de sustancia grasa semisólida (vaselina), formando una fina película en cada superficie que tendrá contacto con el líquido.

A continuación, se introducen los tallos de totora que han sido procesados, hasta llenar el molde según el peso establecido en el diseño del panel y finalmente se vierte la resina hasta completar 1cm de espesor (se controla el espesor estableciendo un nivel en el molde).



FIGURA 28. PROCESO DE ENCOFRADO DE TALLOS DE TOTORA. FUENTE: PROPIA

Para un adecuado curado, se debe manipular siguiendo las especificaciones establecidas por el fabricante que se encuentran detallados en la ficha técnica. En este caso, el tiempo de curado duró una hora, ya que se trabajó a temperatura ambiente (17 °C).

Ficha técnica resina Isoftálica NPG	
Nombre comercial	Top Coat
Distribuidor	Regarsa Cía. Ltda.
Descripción	Resina de poliéster insaturado
Tipo	Isoftálico NPG
Aspecto	Gel
Color	Estándar: Transparente
Olor	Característico poliéster
Densidad	1,15 gr/cm ³
Contenido estireno	30%
Temperatura de curado recomendada	23 °C
Relación de mezcla	2% MEK peróxido
Tiempo de gel en lámina	30 minutos
Tiempo de gel en masa	10 minutos
Observaciones	No catalizar el envase completo

TABLA 8. FICHA TÉCNICA DE RESINA DE POLIÉSTER ISOFTÁLICA CON NPG. FUENTE: (REGARSA, 2017).

Luego de verter la resina, se procede a cerrar con el cofre con una tapa durante treinta minutos, con el fin de que los tallos de totora no floten sobre la resina.



FIGURA 29. VERTIDO DE RESINA Y CURADO DENTRO DEL MOLDE COMPLETAMENTE CERRADO. FUENTE: PROPIA

4.2 Desencofrado y pulido

- Después de la etapa de curado, tomando en cuenta los parámetros establecidos con el uso de resina de poliéster, se procede al desencofrado (30 minutos) de las placas, desarmando el molde de madera con el fin de no deteriorar las aristas. Para finalmente se realiza el lijado mediante una pulidora de mano Dewalt Dwp849x-b3 utilizando lija circular de carburo de silicio especial para plásticos, disminuyendo sucesivamente el número de grano, empezando con grano de grado medio (250), continuando con fino (600) y terminando en extrafino (1500).



FIGURA 30. LIJADORA DE MANO Y MUESTRAS DESPUÉS DEL DESENCOFRADO, LIJADO Y PULIDO. FUENTE: PROPIA

5 Fabricación de panel de 90 x 60 x 1 cm

En base a lo mencionado anteriormente, se ha elaborado un panel de 90 cm x 60 cm x 1 cm, donde se siguieron los mismos procedimientos utilizados para la fabricación de muestras:

- Encofrado 810gr de totora (tiras de laurel y planchas de MDF con dimensiones internas de 90cm x 60 cm x 1cm).
- Vertido y curado de resina (4428gr de resina de poliéster).
- Desencofrado (30 minutos de curado).
- Lijado y pulido (lija circular de carburo de silicio).



FIGURA 31. PROCESO DE FABRICACIÓN DE UN PANEL DE 90CM X 60CM X 1CM. FUENTE: PROPIA

A diferencia de las muestras, al completar el tiempo de curado del panel, se presencia la formación de burbujas de aire en la cara inferior con tamaños que varían entre los 2cm a 5cm a los cuales se dio tratamiento mediante la adición de una nueva capa de resina.



FIGURA 32. BURBUJAS DE AIRE FORMADAS EN LA FABRICACIÓN DEL PANEL DE 90CM X 60CM X 1CM. FUENTE: PROPIA

Después del proceso de lijado y pulido, se obtuvo un material uniforme y liso para ser empleado en la construcción.



FIGURA 33. PANEL DE MATERIAL COMPUESTO DE 90CM X 60CM X 1CM. FUENTE: PROPIA



FIGURA 34. RENDER DE PANELES DE MATERIAL COMPUESTO APLICADOS EN UNA PÉRGOLA

Al ser un panel con un área 54 veces más grande que las muestras iniciales, la principal diferencia fue la cantidad de fibra y resina aplicada. En este caso se colocó 810 gr de totora y 4428 ml de resina, obteniendo un panel de 5238 gr.

Material	Densidad (gr/cm ³)	Peso (gr)	Relación de peso (%)	Costo Unitario (\$/kg)	Costo Unitario (\$/gr)	Costo Total (\$)
Carga (totora)	0,18	810	15	0,89	0,01	0,72
Resina Poliéster	1,15	4428	85	3,04	0,03	13,46
Total		5238	100	3,93	0,04	14,18

TABLA 9. RELACIÓN PESO Y COSTO PARA MUESTRA DE RESINA DE POLIÉSTER DE 10CM X 10CM X 1CM. FUENTE: PROPIA

6 Marco Legal y normativo

Al no contar con una norma en el campo de la construcción que regule el uso de materiales compuestos con polímeros termoestables en cubiertas, además de poder comparar el material con semejantes y garantizar la viabilidad de los paneles, se han planteado ensayos físicos y mecánicos siendo estos: flexión, compresión, absorción de agua y densidad. Estos ensayos se han adaptado a las normas ASTM para polímeros termoestables, las cuales indican las características geométricas y las condiciones para la ejecución de dichas pruebas, siendo estas:

- ASTM D790 (Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials), método de ensayo a flexión estándar para plásticos reforzados, no reforzados y materiales aislantes eléctricos.
- ASTM D695 (Standard Test Method for compressive properties of rigid plastics), método para determinar la resistencia a la compresión en materiales poliméricos.
- ASTM D570 (Standard Test Methods for Water Absorption of Plastics), método para determinar el porcentaje de absorción de agua en un material polimérico.
- ASTM D792 (Standard Test Methods for Density and Relative Density of Plastics by Displacement), método para calcular la densidad y densidad relativa de un material polimérico.

6.1 Ensayos físicos y mecánicos

Para la fabricación de especímenes de resina con totora, fue necesario la construcción de moldes para obtener las probetas especificadas en las normas para ensayos físicos y mecánicos. En estos especímenes, se utilizó la misma relación de peso en materiales (85% resina y 15% totora) establecida en el proceso de diseño. Los ensayos se realizaron en el laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca con las condiciones y procedimientos que se describen a continuación.

6.2 Ensayo de flexión

Se ha realizado el ensayo bajo la norma ASTM D790 donde especifica el método de 3 puntos. Los ensayos fueron realizados mediante la maquina ELE INTERNATIONAL SOILTEST VERSA LOADER. Los valores del dial de carga (ver tablas 18, 19 y 20 en anexos) fueron transformados a kg mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Carga} = \frac{0.3094 (x) + 0.4319}{2.204} = kg$$

Donde:

x = lectura del dial de carga

Una vez que los valores han sido transformados a Kg, es necesario aplicar la siguiente ecuación para determinar el esfuerzo de flexión:

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2}$$

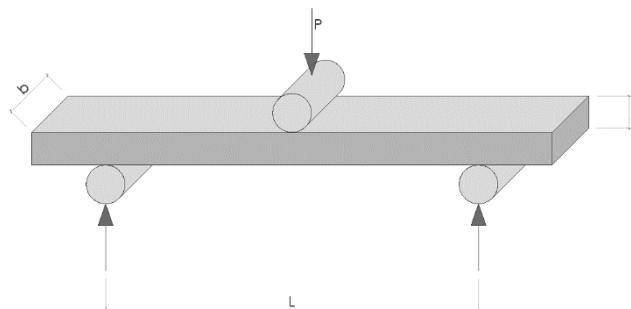


FIGURA 35. ESQUEMA DE ENSAYO DE FLEXIÓN ASTM D790. FUENTE: PROPIA

Donde:

σ = Esfuerzo de flexión (Kg/cm²)

P = Carga máxima en el punto medio (kg)

L = Distancia entre apoyos (cm)

b = Ancho de la probeta (cm)

d = Espesor de la probeta (cm)

Se elaboraron tres muestras con dimensiones de 15cm x 3cm x 0.7cm que la norma exige para plásticos termoestables. Las proporciones de los materiales se realizaron con las mismas especificadas previamente establecidas.



FIGURA 36. ENSAYO DE FLEXIÓN SEGÚN ASTM D790. FUENTE: PROPIA

6.3 Ensayo de compresión

La resistencia a compresión se realizó a partir del ensayo de 3 probetas, para su obtención se usó de referencia la norma ASTM D695 y las dimensiones adoptadas para las probetas fueron de 4cm x 4cm x 8cm. Los ensayos fueron realizados mediante la maquina ELE INTERNATIONAL SOILTEST VERSA LOADER, donde los valores del dial de carga (ver tablas 21, 22 y 23 en anexos) fueron transformados a kg mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Carga} = \frac{5.7069 (x) + 20.29}{2.204} = \text{kg}$$

Donde:

x = Valor de lectura del dial de carga,

Una vez que los valores han sido transformados a Kg, es necesario aplicar la siguiente ecuación para determinar el esfuerzo de compresión:

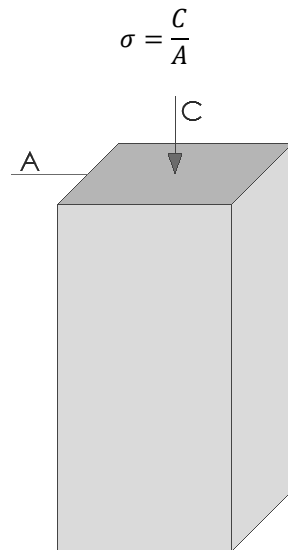


FIGURA 37. ESQUEMA DE ENSAYO DE COMPRESIÓN ASTM D695. FUENTE: PROPIA

Donde:

σ = Esfuerzo de compresión.

C = Carga (Kg)

A = Área de la superficie de contacto (cm²)



FIGURA 38. ENSAYO DE COMPRESIÓN SEGÚN ASTM D695. FUENTE: PROPIA

6.4 Absorción de agua

Para este ensayo se utilizó de referencia la norma ASTM D 570 donde se indica el método para determinar la absorción de agua en una probeta de material polimérico. Este método consiste en determinar el cambio de masa luego sumergir cada muestra en agua destilada durante 24 horas. Un total de cinco muestras fueron elaboradas con las dimensiones adoptadas de 5 cm x 5cm x 0.5 cm. Se realizaron las mediciones mediante una balanza OHAUS TRAVELER TA302 con precisión de 0.01 gr.

Los resultados que se han obtenido (ver tabla 24 en anexos) son determinados por las siguientes ecuaciones:

- Absorción de agua expresada en mg/cm²

$$a = \frac{(Ma - Ms)}{Ms}$$

Donde:

a = absorción de agua en mg/cm²

Ma = masa de la probeta saturada en agua, después de inmersión (mg).

Ms = masa de la probeta seca, antes de inmersión (mg).

- Absorción de agua expresada en porcentaje

$$a = \frac{(Ma - Ms)}{Ms} \times 100$$

Donde:

a = absorción de agua en %



FIGURA 39. ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA SEGÚN ASTM D570. FUENTE: PROPIA

6.5 Densidad

Para determinar la densidad del material compuesto, se aplicó la norma ASTM D792, la cual consiste en pesar el material en el aire y después volver a pesar la misma pieza sumergida en agua destilada a 23 °C mediante el uso de una platina para poder mantener la muestra completamente sumergida. El tamaño de la muestra en este ensayo puede tener cualquier forma o dimensión y pueden tener masa de hasta 50gr por lo que se fabricó un total de 3 especímenes de 5cm x 5cm x 1cm. Se ha realizado las mediciones mediante una balanza de densidad PCE AB 200C con precisión de 0.001gr que exteriormente tiene una carcasa de vidrio para que el resultado no sea alterado por el viento o respiración. Los resultados obtenidos (ver tabla 25 en anexos) son determinados por las siguientes ecuaciones:

- Densidad relativa

$$dr = \frac{a}{a + w - b}$$

Donde:

a = masa de la espécimen en el aire

b = masa del espécimen y platina en el agua

w = masa de la platina totalmente sumergida (si se usa)

dr = densidad relativa

Para obtener una unidad, es necesario aplicar la siguiente formula a la densidad relativa obtenida:

- Densidad

$$D = dr \times 997.6$$

Donde:

D = Densidad en Kg/m³



FIGURA 40. ENSAYO DE DENSIDAD SEGÚN ASTM D792. FUENTE: PROPIA

7 Resultados

7.1 Esfuerzo a flexión

Los valores mostrados en la tabla 10 corresponden al esfuerzo máximo en flexión alcanzado, con un promedio de 8.92 MPa, esto se debe a que los tallos de totora forman cavidades, actuando como vacíos dentro del material, donde se ha disminuido 12 veces la resistencia a la flexión con respecto al valor de 110 MPa (Gil, 2012) que la resina de poliéster isoftálica soporta sin la fibra.




Muestra	Largo (cm)	Acho (cm)	Espesor (cm)	Masa (gr)	Esfuerzo (Mpa)	Fotografía
1	15	3	0,7	69	9,19	
2	15	3	0,7	69	8,88	
3	15	3	0,7	71	8,72	

TABLA 10. VALORES DE ESFUERZO MÁXIMO A FLEXIÓN. FUENTE: PROPIA

7.2 Esfuerzo a compresión

En la tabla 11, se indican los valores de las tres probetas realizadas, obteniendo un promedio de 84.08 kg/cm².




Muestra	Largo (cm)	Acho (cm)	Espesor (cm)	Masa (gr)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Fotografía
1	4	4	7,78	33	86,35	
2	4	4	7,8	33	76,96	
3	4	4	7,7	34	88,94	

TABLA 11. VALORES DE ESFUERZO MÁXIMO A COMPRESIÓN. FUENTE: PROPIA

7.3 Absorción de agua

En el ensayo de absorción de agua se han obtenido un máximo de 0.18% y un promedio del 0.12%, resultados similares al policarbonato (0.15%). Esto se debe a que las resinas tienen un mínimo porcentaje de absorción de agua (Brenes, 2013) y la superficie del material compuesto no tiene exposición de la fibra de totora por el tipo de acabado que se le aplica.






Muestra	Largo (cm)	Acho (cm)	Espesor (cm)	Masa (gr)	Absorción de agua (%)	Fotografía
1	5	5	0,5	33	0,14	
2	5	5	0,5	32	0,09	
3	5	5	0,5	33	0,09	
4	5	5	0,5	31	0,13	
5	5	5	0,5	33	0,18	

TABLA 12. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE AGUA. FUENTE: PROPIA

7.4 Densidad

Debido a que la densidad de la totora (0.18 gr/cm^3) es menor a la de resina de poliéster (1.15 gr/cm^3), el aporte de la fibra disminuye la densidad del material compuesto, en la tabla 13 se muestran los valores obtenidos en este ensayo, con un promedio de 0.97 gr/cm^3 .




Muestra	Largo (cm)	Acho (cm)	Espesor (cm)	Masa (gr)	Densidad (gr/cm^3)	Fotografía
1	5	5	0,5	33	0,97	
2	5	5	0,5	32	0,97	
3	5	5	0,5	33	0,98	

TABLA 13. VALORES DE ENSAYO DE DENSIDAD. FUENTE: PROPIA

7.5 Comparación de propiedades del material compuesto frente al policarbonato

En la tabla 14 se ha comparado los resultados obtenidos con las características físicas - mecánicas del policarbonato distribuido a la empresa ARKOS, por ser un material con similar procedencia a la resina de poliéster. Donde se evidencia que el material compuesto presenta una disminución muy marcada en esfuerzo de flexión, valores similares en esfuerzo de compresión y absorción de agua; menor densidad que el policarbonato.

Ensayo	Unidad	Material compuesto (totora - resina de poliéster)	Policarbonato	Método de prueba
Esfuerzo de flexión	Mpa	8,92	93,07	ASTM D790
Esfuerzo de compresión	kg/cm2	84,08	86,18	ASTM D695
Absorción de agua	%	0,12	0,15	ASTM D570
Densidad	gr/cm3	0,97	1,2	ASTM D792

TABLA 14. PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS DE MATERIAL COMPUESTO Y POLICARBONATO. FUENTE: (ARKOS, 2018)

8 Conclusiones

- La necesidad de conformar un material compuesto se basa en el análisis de las técnicas de fabricación de materiales naturales e industrializados y el uso de totora como material de cubierta ya que si esta se aplica sin la adición de uno o más componentes, se deteriora por los efectos atmosféricos en un lapso de tres años aproximadamente.
- En el diseño metodológico del panel se determinaron varias condiciones para la fabricación del mismo, dejando varias vías alternas para futura investigación como son: el uso de una matriz distinta, disposición de fibras de manera paralela al panel, diferente nivel de compactado de fibras.
- En el tratamiento de materia prima y fabricación de las muestras, el problema principal es el tiempo invertido para la fabricación de paneles ya que no existe maquinaria que procese la totora, especialmente al momento del encofrado ya que esta acción se realizó manualmente.
- En el comportamiento físico mecánico del material, únicamente se aplicaron los ensayos descritos en las normas ASTM para polímeros, por tanto, el campo de estudio queda abierto para la elaboración de más pruebas en polímeros termoestables. Dichos ensayos se realizaron únicamente con un material compuesto con fibras de totora dispuestas de manera perpendicular a la dirección del panel y con una relación de materiales de 85% matriz y 15 % carga, obteniendo disminución en las características mecánicas que la resina de poliéster ofrece por si sola.
- La fabricación de paneles para cubiertas con materiales compuestos es factible pero tiene un proceso largo por carencia de maquinaria destinada a este propósito y la durabilidad del panel debería ser superior a los tres años por el uso de una matriz de resina de poliéster isoftálica con neopentiglicol, manteniendo las características físicas y mecánicas del material.
- Una vez que las futuras investigaciones establezcan parámetros precisos y la relación de materiales sea la más eficiente, la caracterización del material compuesto totora – resina de poliéster puede ser llevada a un proceso de industrialización con el fin de estandarizar su fabricación.

9 Recomendaciones

- Todas las muestras y ensayos del presente trabajo se han elaborado con una relación de 15% de totora y 85% de resina de poliéster (establecidos en el punto de relación de cantidades para esta investigación), dejando el campo investigativo abierto para pruebas con diferentes proporciones de materiales con el fin de llegar al punto óptimo de comportamiento físico mecánico del material.
- Ya que este trabajo ha sido de contexto experimental, se recomienda continuar este estudio con ensayos para materiales termoestables con el fin de conocer más a profundidad el comportamiento de este material frente a las siguientes pruebas físicas y mecánicas: dureza rockwell (ASTM D785), peso específico (ASTM D792), índice de refracción (ASTM D542A), transmisión de luz (ASTM D1003), resistencia a la abrasión (ASTM D1044), resistencia a la rotura (ASTM D638), módulo de tensión (ASTM D638), alargamiento (ASTM D638), resistencia al impacto Izod (ASTM D256A), módulo de corte (ASTM D732) deformación bajo peso (ASTM D621), coeficiente de dilatación térmica (ASTM D696), coeficiente de conductibilidad térmica (ASTM C177), temperatura de deflexión por calor (ASTM D648), temperatura de fragilización (ASTM D746), constante dieléctrica (ASTM D150), resistividad de volumen (ASTM D257), factor de potencia (ASTM D150), quemadura horizontal AEB (ASTM D635).
- Para un manejo adecuado de las resinas, se debe consultar las especificaciones que el fabricante establece en la ficha técnica y considerar las normas de seguridad de las mismas.

10 Referencias

- Adams, C. (1994). *Flora Mesoamericana*, Vol. 6.
- Alvarado, A. M. (2017). *Obtención y caracterización mecánica de material compuesto. Resina poliéster - Fibra de piña*. Bogotá D.C.
- Alvarez, A. C. (2004). *Construcción de techo de paja: pervivencia y destrucción*. Revista de Folklore. Obtenido de <http://media.cervantesvirtual.com/jdiaz/rf277.pdf>
- Aponte, H. (2009). *El Junco: clasificación, biología y gestión*.
- ARKOS. (2018). *Todo en polycarbonato, cubiertas no traslucidas, publicidad P.O.P., sistemas constructivos, fachadas, revestimientos y cielorosos*-. Obtenido de www.arkos.com.co
- Ayuso. (2016). *Aluminio en la Construcción. Sostenibilidad maleable*.
- Banning, E. (01 de 2009). *The Neolithic Period: Triumphs of Architecture, Agriculture, and Art* (Vol. 4). Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Edward_Banning/publication/241685298_The_Neolithic_Period_Triumphs_of_Architecture_Agriculture_and_Art/links/00b49530e2c1ca414f000000/The-Neolithic-Period-Triumphs-of-Architecture-Agriculture-and-Art.pdf
- Blanco Montero, C., & Morales Pereira, P. (2016). *Ficha técnica: Sistema constructivo de tejas de micro concreto (TMC)*. Guatemala.
- Bonura, T., Dwyer, J., Nebelsick, A., Stuart, B., Williams, S., & Hunt, C. (2011). *Installation, Care, and Maintenance of Wood Shake and Shingle Roofs*. Obtenido de https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr201.pdf
- Brañas, M. (2015). *En la Vivienda Tradicional Amazónica*. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=yYW7BwAAQBAJ&pg=PA14&lpg=PA14&dq=bra%C3%B1as+cubiertas+palmera&source=bl&ots=cPTB_khMz6&sig=PG4j-xX6HguhTCCo8whFUZg_tUA&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjC-8mpvY3aAhUPxVkkHf7KA0YQ6AEIRjAH#v=onepage&q=bra%C3%B1as%20cubiertas%20
- Brenes, A. (2013). *Comparación de las propiedades mecánicas entre una resina reforzada con fibra de cabuya y una resina reforzada con fibra de vidrio*. San José, Costa Rica.
- CEDIC. (2006). *Cubiertas de cobre en detalle*. Obtenido de <http://cobrecertificado.es/admin/uploads/docs/20140320181534.pdf>
- Dander, O. (2012). *Historia de la Arquitectura I*. Obtenido de http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/construccion/Historia_de_la_arquitectura_I/Historia_de_la_arquitectura_I-Parte1.pdf
- Diley, C. (2015). *Thatched Roofs and Open Sides*. Florida.
- Femoglas. (2018). *Planchas L[inea Polycarbonato*. Santiago de Chile. Obtenido de http://www.registrocdt.cl/registrocdt/uploads/FICHAS/FEMOGLAS/POLICARBONATO/catalogo_polycarbonato.pdf
- Forman, S. (1977). *The Totora in Colta Lake*.
- García, R., & García, A. (2001). *Edificio y Cubierta*.
- GDR. (2017). *La cubierta de teja cerámica*. En G. D. Redondo. Obtenido de http://www.tejaceramicahdr.com/pdf/catalogo_tejaceramica.pdf
- Gil, A. (2012). *Resinas de poliéster*.
- Heiser. (1978). *The Totora (Scirpus californicus) in Ecuador and Perú*. Oklahoma.

- Hidalgo, J. (2007). *Aprovechamiento de la Tatora como Material de Construcción*. Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/6180>
- Jarabo, R. (2013). Efecto de la sepiolita y de nuevas fibras alternativas celulósicas en el comportamiento de suspensiones de fibrocemento.
- LAMILUX. (2017). *Roofs of light*.
- Levieil, D., & Orlove, B. (1991). *VII.1 d Importancia socio-económica de las macrofitas*.
- López, F. (2014). Diseño y construcción de cubiertas de pizarra. Guía práctica para el desarrollo de los proyectos de arquitectura. Obtenido de http://clusterdapizarra.com/guia_pizarra.pdf
- Macía, M., & Balslev, H. (2000). Use and Management of Tatora (*Schoenoplectus Californicus*, Cyperaceae) in Ecuador.
- Mejía, K. (1986). Utilization of Palm in Eleven Mestizo Villages of the Peruvian Amazon.
- Merino, P. (2004). *Una Aproximación a la Arquitectura de Cubierta en La Palma*.
- MG. (2015). En P. M. S.L..
- Munawar, A., & Khan, S. (2007). *Natural fiber - reinforced polymer composites*.
- Olivares, M., Galán, C., & Roa, J. (2003). *Los Composites: Características y aplicaciones en la edificación*. Sevilla.
- Pico, J., Silva, O., & Velasco, D. (2015). *Modelado de piezas mediante resina de poliéster y lana de fibra de vidrio*. Ambato.
- Prambs, A. (2007). *Gestión de Calidad: Protocolo de Calidad para Construcción de Cubiertas*.
- Regarsa. (2017). *Ficha Técnica Resina Poliéster Isoftálica NPG*.
- Scharff, R., & Kennedy, T. (2000). *Roofing Handbook*.
- Zambrano, E. (2018). *Tatora: análisis de su comportamiento como material en la construcción para futuras aplicaciones*. Cuenca.

11 Anexos

Listado de resinas de poliéster disponibles

Las tablas 15, 16 y 17 indican las resinas de poliéster que ofrece la empresa colombiana Andercol S.A. con sus características principales y propiedades mecánicas; también se indica el tipo de resina utilizada en la elaboración de este proyecto investigativo: Resina de poliéster isoftálica con NPG (con número de referencia 30863).

Propiedades mecánicas								
Referencia	Descripción	Dureza Barcol	Módulo de tensión Mpa	Resistencia tensión Mpa	Módulo flexión Mpa	Elongación al quiebre %	Resistencia a la flexión	HDT °C
30801	Ortoftálica preacelerada fixotrópica	40	3800	63	3850	1,2	36	81
30805	Ortoftálica rígida	45	3800	69	3850	2,3	93	89
30807	Ortoftálica preacelerada fixotrópica	40	3800	63	3850	1,2	136	78
30809	Ortoftálica preacelerada fixotrópica	40	4000	65	3670	2	120	63
30811	Ortoftálica	45	3800	65	3567	2,3	120	87
30816	Orto isoftálica preacelerada	40	3000	57	3370	2,2	117	65
30818	Ortoftálica semirígida	35	3000	68	2700	3,2	110	66
30822	Ortoftálica flexible	-	-	-	-	>60	-	-
30823	Ortoftálica semirígida	35	2959	66	2700	4,8	105	76
30826	Ortoftálica preacelerada semirígida	40	3000	62	4037	2,4	105	60
30840	Ortoftálica preacelerada semirígida	-	2000	43	1270	16,3	26	60
30841	Ortoftálica preacelerada flexible	-	-	-	-	>40	-	51
30842	Ortoftálica preacelerada semirígida	-	2000	40	1137	9,2	54	60
30848	Ortoftálica fixotrópica	35	2900	73	3200	3,7	105	77
30858	Ortoftálica rígida	40	3800	63	4000	2	120	55
30859	Ortoftálica rígida	40	3600	62	4500	1,9	129	55
30863	Isoftálica NPG	45	3400	70	1068	3	110	90
30864	Isoftálica NPG modificada con MMA	45	3517	76	3497	3,5	132	78
30867	Isoftálica semirígida	30	3000	98	2045	4	75	61
30870	Isoftálica rígida	40	3500	75	2885	3,8	107	75
30872	Isoftálica flexible	-	-	-	-	>100	-	-

TABLA 15. PROPIEDADES MECÁNICAS DE RESINAS DE POLIÉSTER. FUENTE: (GIL, 2012)

Propiedades de curado y sistemas de catalización							
Referencia	Descripción	Propiedades de curado			Sistema de catalización		
		Tiempo Gel, min	Temperatura exot. °C	Tiempo exot, min	Cobalto	MEK PERÓXIDO, ml	Benzoil peróxido, gr
30801	Ortoftálica preacelerada tixotrópica	9-12	140-160	23-33	-	1	-
30805	Ortoftálica rígida	7-10	145-165	12-20	0,5	1	-
30807	Ortoftálica preacelerada tixotrópica	37-42	140-170	55-75	-	1	-
30809	Ortoftálica preacelerada tixotrópica	9-12	145-165	20-26	-	1	-
30811	Ortoftálica	10-15	160-180	22-28	0,17	1,5	-
30816	Orto isofáltica preacelerada	18-22	190-210	33-47	-	1,5	-
30818	Ortoftálica semirígida	4-6	153-173	12-18	0,17	1,5	-
30822	Ortoftálica flexible	14-17	50-60	40-50	0,5	1	-
30823	Ortoftálica semirígida	4-6	145-165	12-16	0,17	1,5	-
30826	Ortoftálica preacelerada semirígida	8-12	140-170	30-45	-	2	-
30840	Ortoftálica preacelerada semirígida	7-10	105-125	12-18	-	-	2
30841	Ortoftálica preacelerada flexible	13-17	80-92	19-25	-	-	2
30842	Ortoftálica preacelerada semirígida	14-17	110-120	18-26	-	-	2
30848	Ortoftálica tixotrópica	4-8	145-165	13-19	0,17	1,5	-
30858	Ortoftálica rígida	7-10	130-140	15-25	0,5	1	-
30859	Ortoftálica rígida	7-10	130-140	15-25	0,5	1	-
30863	Isofáltica NPG	4-7	170-190	17,5-27,5	0,3	2	-
30864	Isofáltica NPG modificada con MMA	10-15	165-180	25-35	0,3	2	-
30867	Isofáltica semirígida	7-10	155-175	15,25	0,3	2	-
30870	Isofáltica rígida	4-8	155-175	15,25	0,28	2	-
30872	Isofáltica flexible	14-17	50-80	35-45	0,5	1	-

TABLA 16. PROPIEDADES DE CURADO Y SISTEMAS DE CATALIZACIÓN DE RESINAS DE POLIÉSTER. (GIL, 2012)

Campos de aplicación y propiedades físicas.

Referencia	Descripción	Campo de aplicación										Propiedades Físicas				
		Masillas	Botones	Pisos industriales	Mármol sintético	Vaciados y encapsulados	Lacas	Tejas y laminas	Náutica	Autopartes	Tanques y Tuberías		Construcción	Electricidad	Muebles y otros	Moldes
30801	Ortoftálica preacelerada tixotrópica						x	x	x	x	x	x	x	x		Rosada
30805	Ortoftálica rígida					x		x		x	x	x	x	x		Transparente
30807	Ortoftálica preacelerada tixotrópica								x							Rosada
30809	Ortoftálica preacelerada tixotrópica							x	x	x		x	x	x		Rosada
30811	Ortoftálica							x								Azul
30816	Orto isofáltica preacelerada			x												Rosada
30818	Ortoftálica semirígida		x		x	x	x	x		x		x	x	x		Transparente
30822	Ortoftálica flexible		x		x	x	x	x		x	x	x	x	x		Transparente
30823	Ortoftálica semirígida		x		x	x										Transparente
30826	Ortoftálica preacelerada semirígida							x								Rosada
30840	Ortoftálica preacelerada semirígida		x													Transparente
30841	Ortoftálica preacelerada flexible		x													Transparente
30842	Ortoftálica preacelerada semirígida		x													Transparente
30848	Ortoftálica tixotrópica		x													Turbia
30858	Ortoftálica rígida				x	x										Transparente
30859	Ortoftálica rígida							x		x		x	x	x		Transparente
30863	Isofáltica NPG			x							x	x	x		x	Transparente
30864	Isofáltica NPG modificada con MMA				x											Azul
30867	Isofáltica semirígida										x					Transparente
30870	Isofáltica rígida			x					x		x					Transparente
30872	Isofáltica flexible			x							x				x	Transparente

TABLA 17. CAMPO DE APLICACIÓN Y PROPIEDADES FÍSICAS DE RESINAS DE POLIÉSTER. FUENTE: (GIL, 2012)

Datos obtenidos en ensayos experimentales

A continuación se muestran tablas con resultados obtenidos en los distintos ensayos realizados de flexión (18, 19 y 20), compresión (20, 21, 22), absorción de agua (23) y densidad, (24).

Ensayo de flexión #1					
Universidad Católica de Cuenca					
Unidad Académica de Industria, Ingeniería y Construcción					
Lectura dial de deformación	Deformación (X10-3 pulgadas)	Lectura dial de carga	Carga (Kg)	Esfuerzo máximo (Kg/cm2)	Esfuerzo máximo (MPa)
0	0	0	0,2	2,29	0,22
20	0,02	5	0,9	10,29	1,01
40	0,04	12	1,88	21,49	2,11
60	0,06	17	2,58	29,49	2,89
80	0,08	21	3,14	35,89	3,52
100	0,1	26	3,85	44	4,31
120	0,12	31	4,55	52	5,10
140	0,14	35	5,11	58,4	5,73
160	0,16	39	5,67	64,8	6,35
180	0,18	43	6,23	71,2	6,98
200	0,2	46	6,65	76	7,45
220	0,22	50	7,22	82,51	8,09
240	0,24	53	7,64	87,31	8,56
260	0,26	55	7,92	90,51	8,88
280	0,28	56	8,06	92,11	9,03
300	0,3	57	8,2	93,71	9,19
320	0,32	57	8,2	93,71	9,19
340	0,34	57	8,2	93,71	9,19
360	0,36	56	8,06	92,11	9,03
380	0,38	56	8,06	92,11	9,03
400	0,4	51	7,36	84,11	8,25
420	0,42	48	6,93	79,2	7,77
440	0,44	43	6,23	71,2	6,98

TABLA 18. VALORES DE ENSAYO DE FLEXIÓN 1. FUENTE: PROPIA

Ensayo de flexión #2					
Universidad Católica de Cuenca					
Unidad Académica de Industria, Ingeniería y Construcción					
Lectura dial de deformación	Deformación (X10-3 pulgadas)	Lectura dial de carga	Carga (Kg)	Esfuerzo máximo (Kg/cm2)	Esfuerzo máximo (MPa)
0	0	0	0,2	2,29	0,22
20	0,02	5	0,9	10,29	1,01
40	0,04	12	1,88	21,49	2,11
60	0,06	16	2,44	27,89	2,74
80	0,08	21	3,14	35,89	3,52
100	0,1	25	3,71	42,4	4,16
120	0,12	29	4,27	48,8	4,79

140	0,14	33	4,83	55,2	5,41
160	0,16	38	5,53	63,2	6,20
180	0,18	40	5,81	66,4	6,51
200	0,2	43	6,23	71,2	6,98
220	0,22	45	6,51	74,4	7,30
240	0,24	47	6,79	77,6	7,61
260	0,26	52	7,5	85,71	8,41
280	0,28	53	7,64	87,31	8,56
300	0,3	54	7,78	88,91	8,72
320	0,32	55	7,92	90,51	8,88
340	0,34	55	7,92	90,51	8,88
360	0,36	55	7,92	90,51	8,88
380	0,38	53	7,64	87,31	8,56
400	0,4	45	6,51	74,4	7,30
420	0,42	41	5,95	68	6,67
440	0,44	35	5,11	58,4	5,73

TABLA 19. VALORES DE ENSAYO DE FLEXIÓN 2. FUENTE: PROPIA.

Ensayo de flexión #3

Universidad Católica de Cuenca

Unidad Académica de Industria, Ingeniería y Construcción

Lectura dial de deformación	Deformación (X10-3 pulgadas)	Lectura dial de carga	Carga (Kg)	Esfuerzo máximo (Kg/cm2)	Esfuerzo máximo (MPa)
0	0	0	0,2	2,29	0,22
20	0,02	6	1,04	11,89	1,17
40	0,04	11	1,74	19,89	1,95
60	0,06	16	2,44	27,89	2,74
80	0,08	21	3,14	35,89	3,52
100	0,1	25	3,71	42,4	4,16
120	0,12	28	4,13	47,2	4,63
140	0,14	31	4,55	52	5,10
160	0,16	35	5,11	58,4	5,73
180	0,18	39	5,67	64,8	6,35
200	0,2	41	5,95	68	6,67
220	0,22	42	6,09	69,6	6,83
240	0,24	44	6,37	72,8	7,14
260	0,26	46	6,65	76	7,45
280	0,28	48	6,93	79,2	7,77
300	0,3	50	7,22	82,51	8,09
320	0,32	52	7,5	85,71	8,41
340	0,34	53	7,64	87,31	8,56
360	0,36	54	7,78	88,91	8,72
380	0,38	54	7,78	88,91	8,72
400	0,4	52	7,5	85,71	8,41
420	0,42	51	7,36	84,11	8,25
440	0,44	50	7,22	82,51	8,09

TABLA 20. VALORES DE ENSAYO DE FLEXIÓN 3. FUENTE: PROPIA.

Ensayo de compresión #1

Universidad Católica de Cuenca

Unidad Académica de Industria, Ingeniería y Construcción

Lectura dial de deformación	Deformación (X10-3 pulgadas)	Lectura dial de carga	Carga (Kg)	Esfuerzo máximo (Kg/cm2)
0	0	0	9,21	0,58
20	0,02	88	237,07	14,82
40	0,04	248	651,36	40,71
60	0,06	395	1031,99	64,5

80	0,08	509	1327,18	82,95
87	0,087	530	1381,55	86,35

TABLA 21. VALORES DE ENSAYO DE COMPRESIÓN 1. FUENTE: PROPIA.

Ensayo de compresión #2				
Universidad Católica de Cuenca				
Unidad Académica de Industria, Ingeniería y Construcción				
Lectura dial de deformación	Deformación (X10-3 pulgadas)	Lectura dial de carga	Carga (Kg)	Esfuerzo máximo (Kg/cm2)
0	0	0	9,21	0,58
10	0,01	16	50,64	3,17
20	0,02	57	156,8	9,8
30	0,03	115	306,98	19,19
40	0,04	177	467,52	29,22
50	0,05	237	622,88	38,93
60	0,06	293	767,88	47,99
70	0,07	343	897,35	56,08
80	0,08	380	993,15	62,07
90	0,09	411	1073,42	67,09
100	0,1	445	1161,46	72,59
110	0,11	472	1231,37	76,96

TABLA 22. VALORES DE ENSAYO DE COMPRESIÓN 2. FUENTE: PROPIA.

Ensayo de compresión #3				
Universidad Católica de Cuenca				
Unidad Académica de Industria, Ingeniería y Construcción				
Lectura dial de deformación	Deformación (X10-3 pulgadas)	Lectura dial de carga	Carga (Kg)	Esfuerzo máximo (Kg/cm2)
0	0	0	9,21	0,58
10	0,01	31	89,48	5,59
20	0,02	80	216,35	13,52
30	0,03	140	371,71	23,23
40	0,04	201	529,66	33,1
50	0,05	266	697,97	43,62
60	0,06	327	855,92	53,5
70	0,07	385	1006,1	62,88
80	0,08	437	1140,75	71,3
90	0,09	486	1267,62	79,23
100	0,1	528	1376,38	86,02
107	0,107	546	1422,98	88,94

TABLA 23. VALORES DE ENSAYO DE COMPRESIÓN 3. FUENTE: PROPIA.

Ensayos de absorción de agua				
Universidad Católica de Cuenca				
Unidad Académica de Industria, Ingeniería y Construcción				
Muestra	Masa de la probeta saturada en agua (gr)	Masa de la probeta seca (gr)	Absorción de agua (gr)	Absorción de agua (%)
1	22,25	22,22	0,0014	0,14
2	23,37	23,35	0,0009	0,09
3	21,61	21,59	0,0009	0,09
4	22,91	22,88	0,0013	0,13
5	22,15	22,11	0,0018	0,18

TABLA 24. VALORES DE ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA. FUENTE: PROPIA.

Ensayos de densidad						
Universidad Católica de Cuenca						
Unidad Académica de Industria, Ingeniería y Construcción						
Muestra	Masa de la muestra en el aire (gr)	Masa de platina sumergida (gr)	Masa de la muestra y platina en el agua (gr)	Densidad relativa o peso específico (sin unidad)	Densidad (kg/m³)	Densidad (gr/cm³)
1	23,886	14,755	14,150	0,975297048	972,956	0,973
2	23,156	14,755	14,238	0,978160774	975,813	0,976
3	23,245	14,755	14,456	0,987300374	984,931	0,985

TABLA 25. VALORES DE ENSAYO DE DENSIDAD. FUENTE: PROPIA.



PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL

Yo, **Adrian Patricio Hugo Merchán** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0105544902. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "**Totora: paneles prefabricados para cubiertas mediante el uso de resina de poliéster**" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 31 de julio de 2018

F: